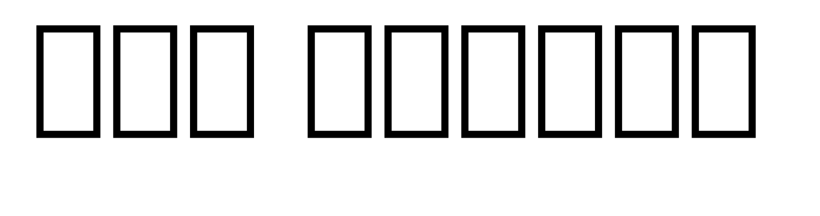
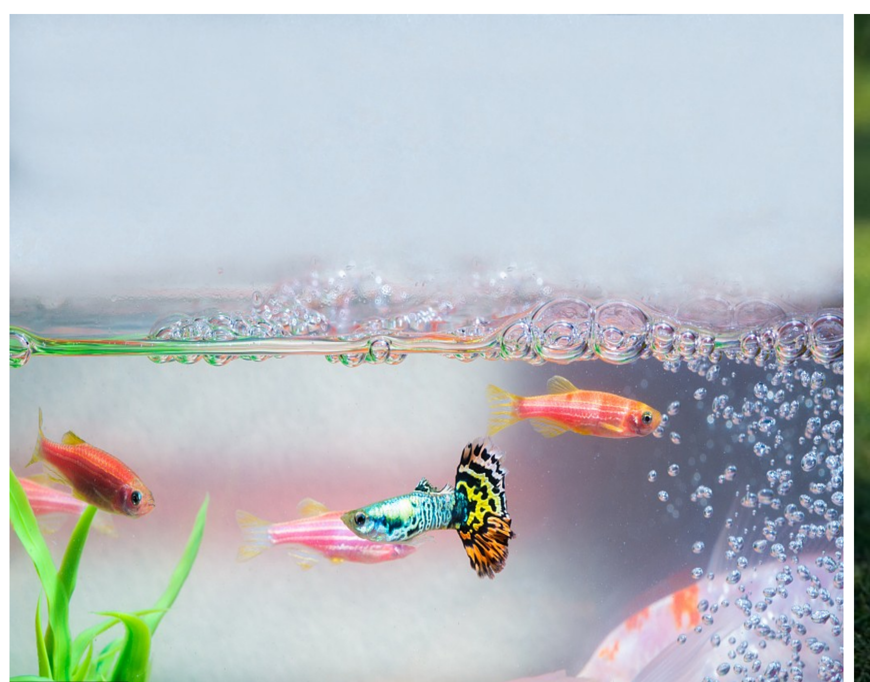




假设在营养和生存空间没有限制的情况下，某种细菌每 **20min** 就通过分裂繁殖一代。

2、第 **n** 代细菌数量的计算公式是什么? **P8**

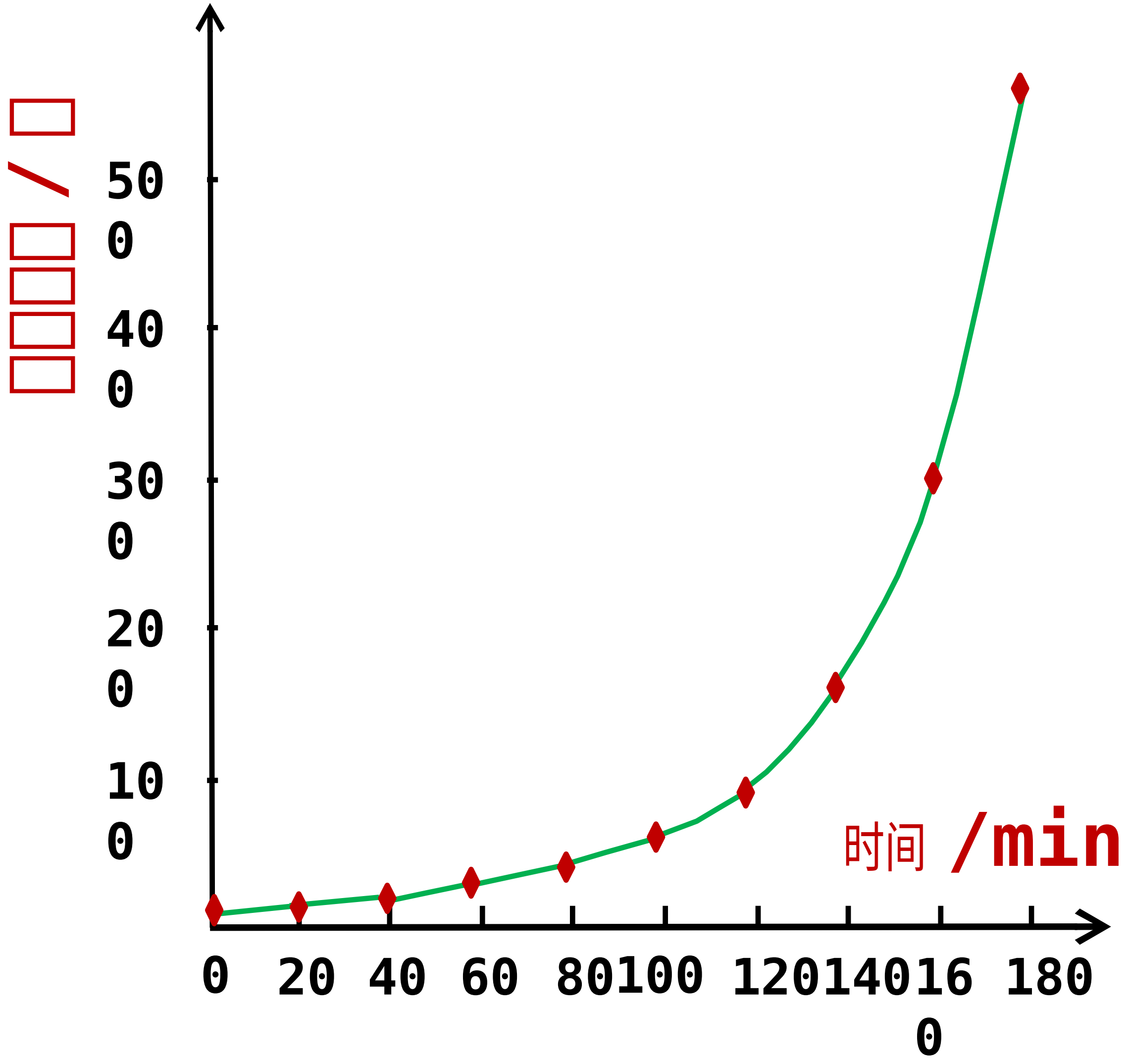
$$N_n = 2^n$$

时间（min)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
分裂次数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
数量（个）	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512

假设在营养和生存空间没有限制的情况下，某种细菌每 **20min** 就通过分裂繁殖一代。

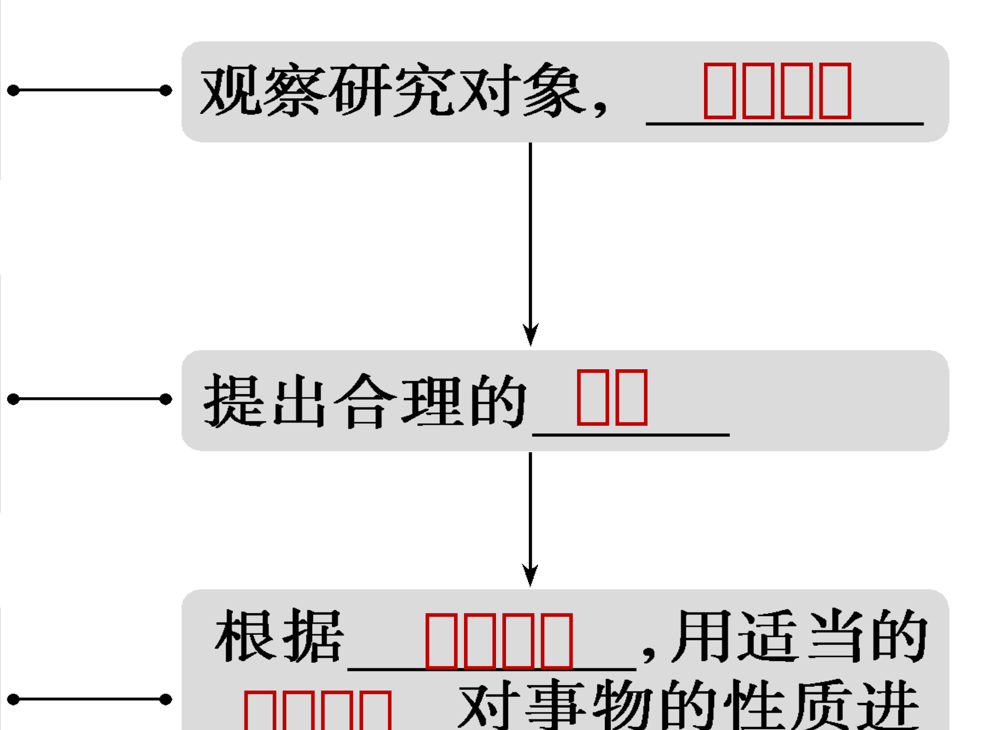
3 、请根据表格信息，以时间为横坐标，细菌数量为纵坐标，画出细菌种群的增长曲线。

时间(min)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
分裂次数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
数量（个）	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512



——

研究实例	研究方法
细菌每 20 min 分裂一次，怎样计算细菌繁殖 n 代后的数量？	观察研究对象，________
在资源和生存空间没有限制的条件下，细菌种群的增长不会受种群密度增加的影响	提出合理的________
$N_n=2^n$ N 代表细菌数量， n 表示第几代	根据________，用适当的________对事物的性质进行表达，即建立数学模型
观察、统计细菌数量，对自己所建立的模型进行检验或修正	通过进一步________等，对模型进行检验或修正



一、建构种群增长模型的方法

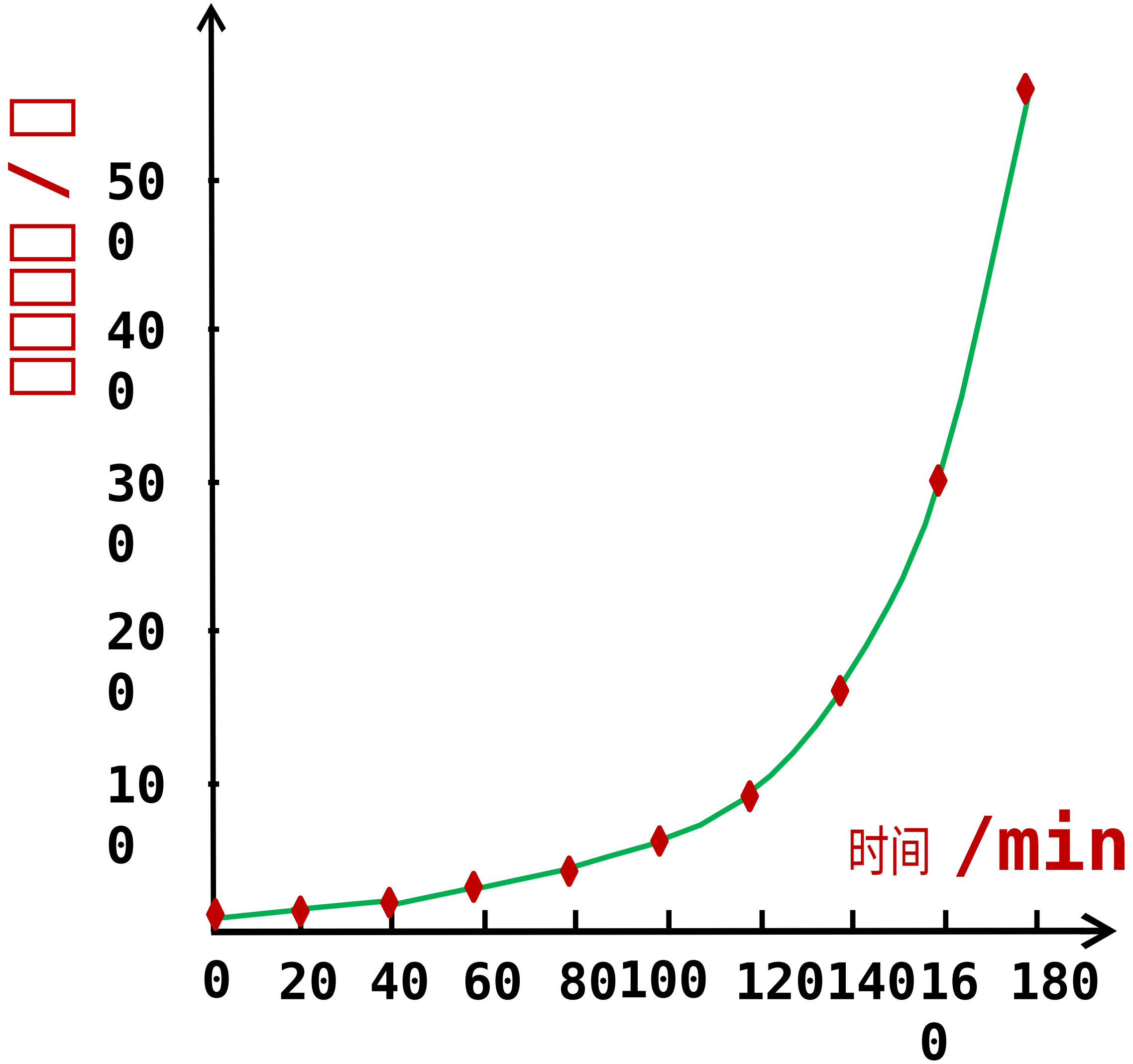
—— 建立数学模型

数学模型的类型及优缺点：

（**P8** 旁栏思考）

- (1) 数学公式
  - ① 优点：科学、精确
  - ② 不足：不够直观
- (2) 曲线图
  - ① 优点：直观
  - ② 不足：不够精确

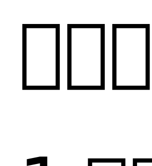
$$N_n = 2^n$$



回顾：
1、种群的数量特征有哪些？
2、影响种群密度的直接因素有哪些？
3、如何计算出生率和死亡率？
4、研究年龄结构对研究种群密度有何意义？
5、年龄结构和性别比例分别通过影响什么来影响种群密度？

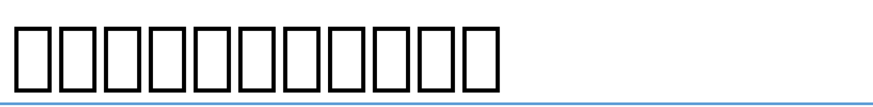
回顾：
1、种群的数量特征有哪些？
2、影响种群密度的直接因素有哪些？
3、如何计算出生率和死亡率？
4、研究年龄结构对研究种群密度有何意义？
5、年龄结构和性别比例分别通过影响什么来影响种群密度？

以年初的数据为分母。
是年初这一批人生出来的。



一、建构种群增长模型的方法 分析自然界种群增长实例

资料 1：1859年，一位来澳大利亚定居的英国人在他的农场中放生了24只野兔，一个世纪后，这24 只野兔的后代竟超过6亿只。漫山遍野的野兔不仅与牛羊争食牧草，还啃噬树皮，造成植被破坏，导致水土流失。直到人们引入了黏液瘤病毒才使野兔的数量得到控制。



2 20 30

5 **1937–1942**

2000

1500

1000

500

0

1898

1540

1325

844

705

426

282

100

81

40

30

8

1937

1937

1938

1938

1939

1939

1940

1940

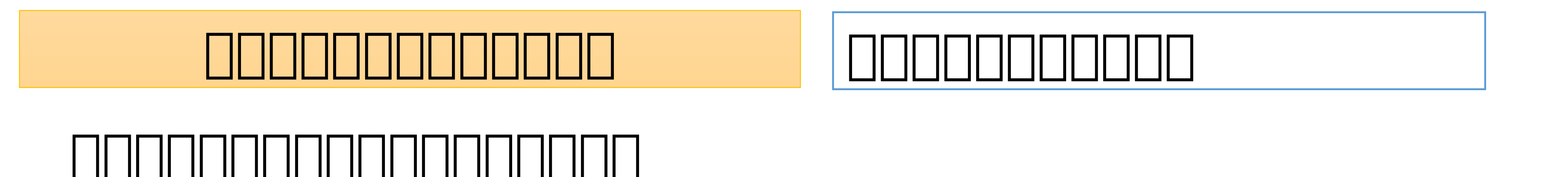
1941

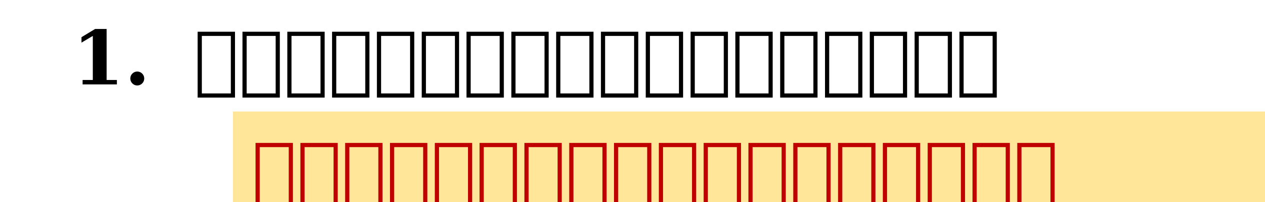
1941

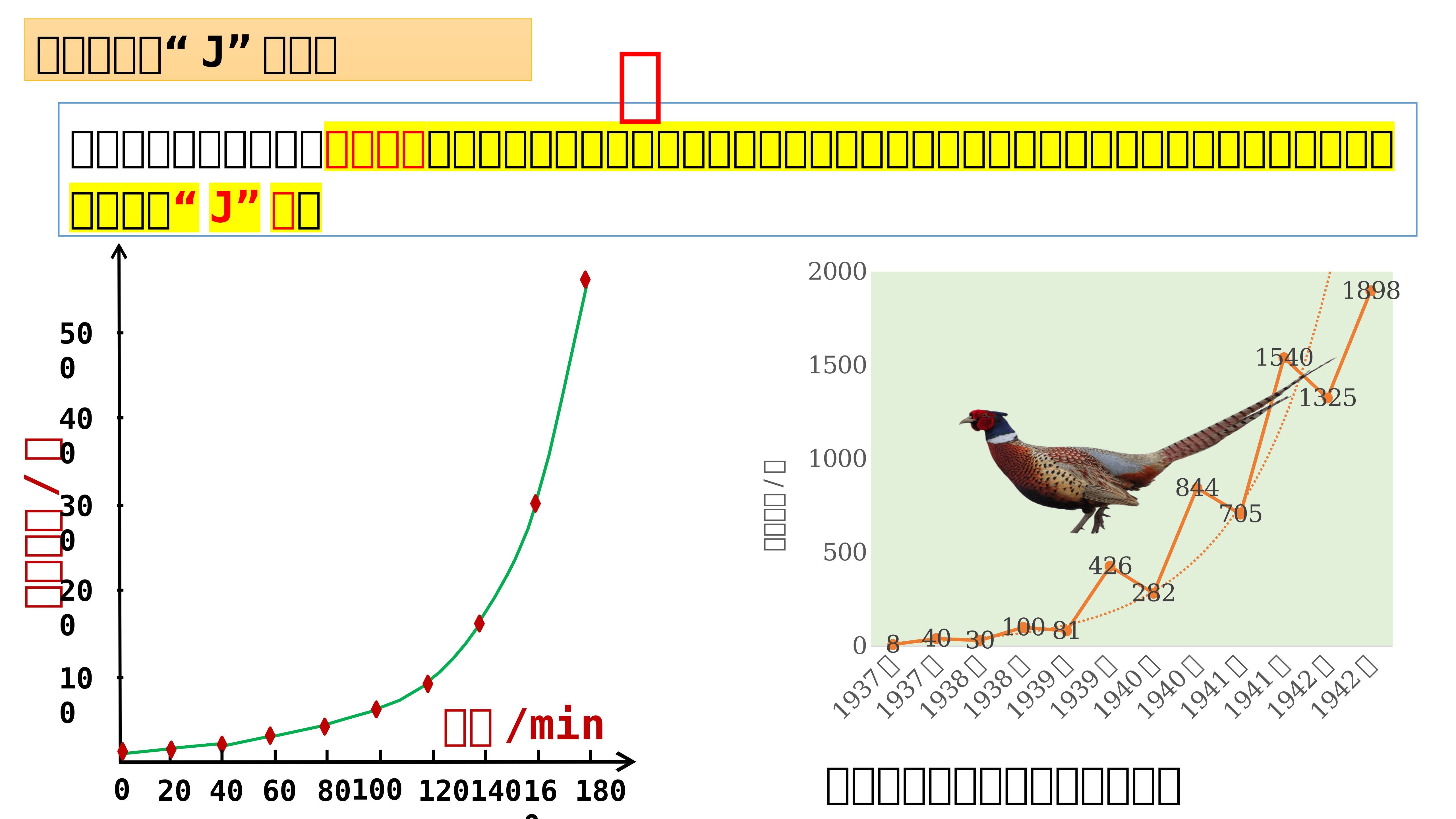
1942

1942

一、建构种群增长模型的方法 分析自然界种群增长实例
通过以上材料的学习，请思考以下问题：
1. 这两个资料中的种群增长有什么共同点？
种群数量增长迅猛，且呈无限增长趋势。
2. 种群出现这种增长的原因是什么？
食物充足、缺少天敌等。
3. 这种种群增长的趋势能不能一直持续下去？为什么？
不能，因为资源和空间是有限的。
4.野兔和环颈雉种群的增长曲线是否类似于细菌种群的增长曲线？类似，均成“ J”形。







“ J”
“ J”
50
0
40
0
30
0
20
0
10
0
/min
0
20
40
60
80
100
120
140
16
180
2000
1500
1000
500
0
8
40
30
100
81
426
282
844
705
1540
1325
1898
1937
1937
1938
1938
1939
1939
1940
1940
1941
1941
1942
1942

二、种群的“J”形增长

1. 模型假设:

理想状态：①食物和空间条件充裕;

②气候适宜;

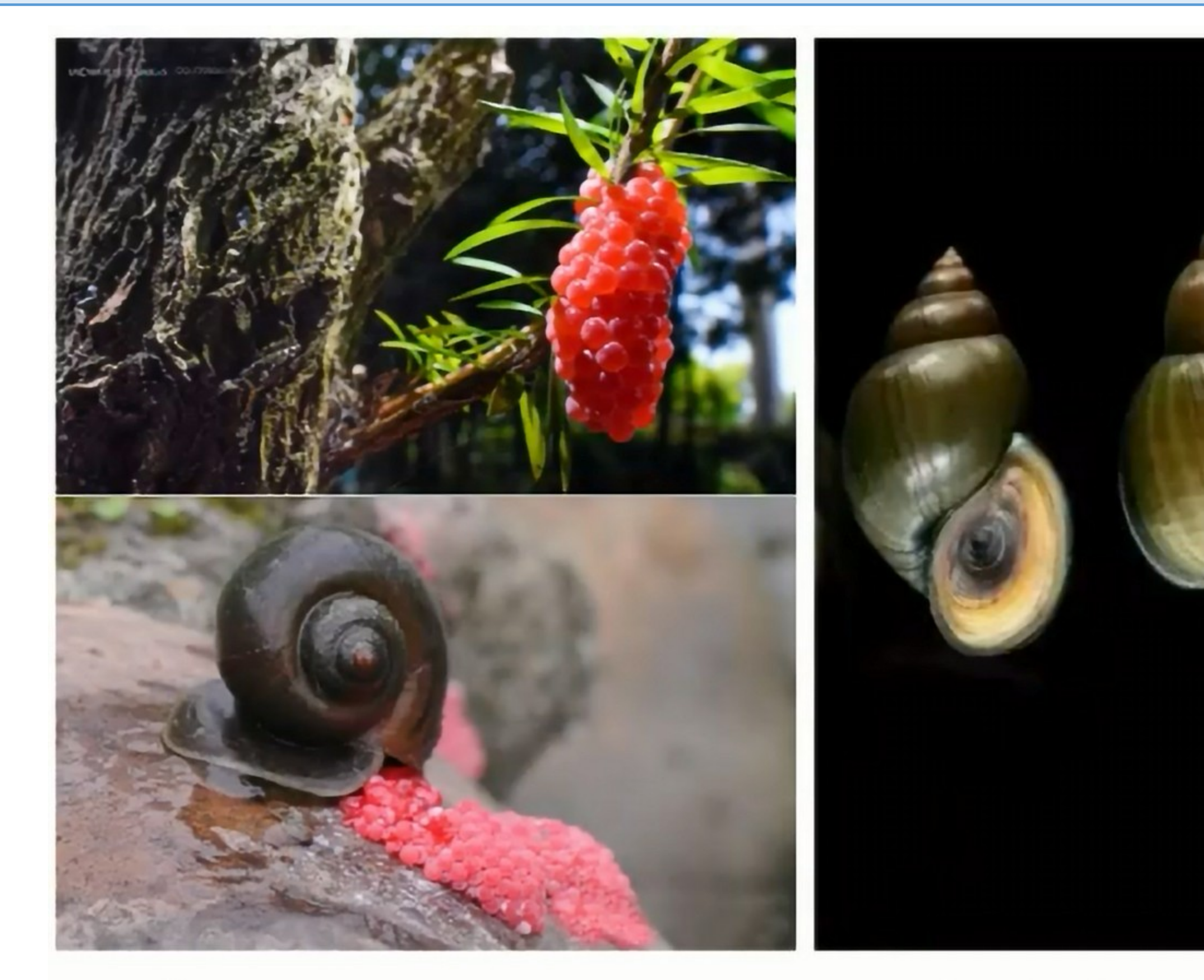
③没有天敌和其他竞争物种等。

2. 适用对象:

① 实验室条件下;

② 当一个种群刚迁入到一个新的适宜环境时。

②

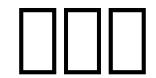


福寿螺，瓶螺科瓶螺属软体动物,原产于南美洲亚马逊河流域，1981年作为食用螺引入中国，因其适应性强，繁殖迅速，食量大且食物种类繁多能破坏粮食作物、蔬菜和水生农作物的生长，成为危害巨大的外来入侵物种。

②

水葫芦（凤眼莲）原产于南美，1901年作为花卉引入中国。由于繁殖迅速，又几乎没有竞争对手和天敌，我国目前有184万吨。它对其生活的水面采取了野蛮的封锁策略，挡住阳光，导致水下植物得不到足够光照而死亡。

回顾：
1、什么叫理想条件？
2、理想条件下种群数量增长曲线为 型？ 3、理想条件的适用对象？



二、种群的“J”形增长

3.“J”形增长的数学模型公式：

假设对德国小蠊来说，本地的食物和空间条件充裕、气候适宜、没有天敌和其他竞争物种，第一年德国小蠊的数量为 N_0 只，第二年是第一年的 λ 倍，以后每年一样，是前一年的 λ 倍，那么 **t** 年后，德国小蠊的数量（**Nt**）为多少?

一年后： $N_1 = N_0 \cdot \lambda^1$

两年后： $N_2 = N_0 \cdot \lambda^2$

三年后： $N_3 = N_0 \cdot \lambda^3$

t 年后： $N_t = N_0 \cdot \lambda^t$

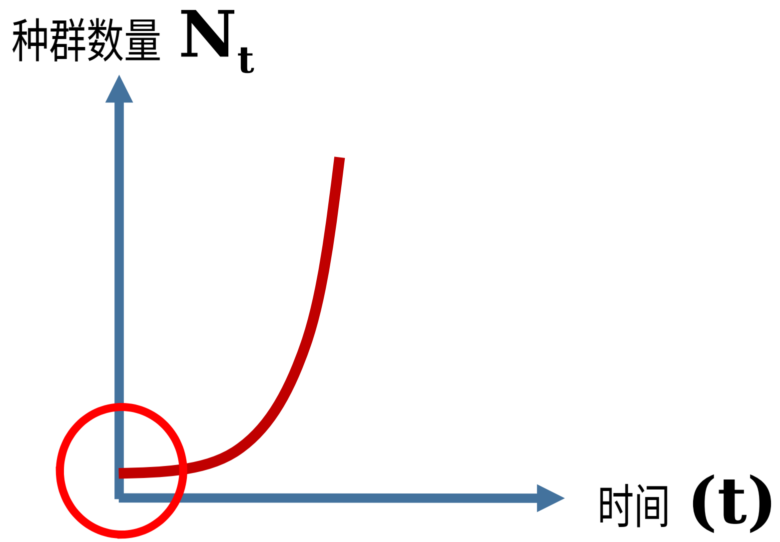
二、种群的“J”形增长

3.“J”形增长的数学模型公式:

① 公式: $N_t=N_0\lambda^t$

- N_0 ：为种群的起始数量
- t ：为时间
- N_t ：表示 t 年后该种群的数量
- λ ：表示该种群数量是前一年种群数量的倍数

② 曲线式:



① 公式： $N_t = N_0 \lambda^t$

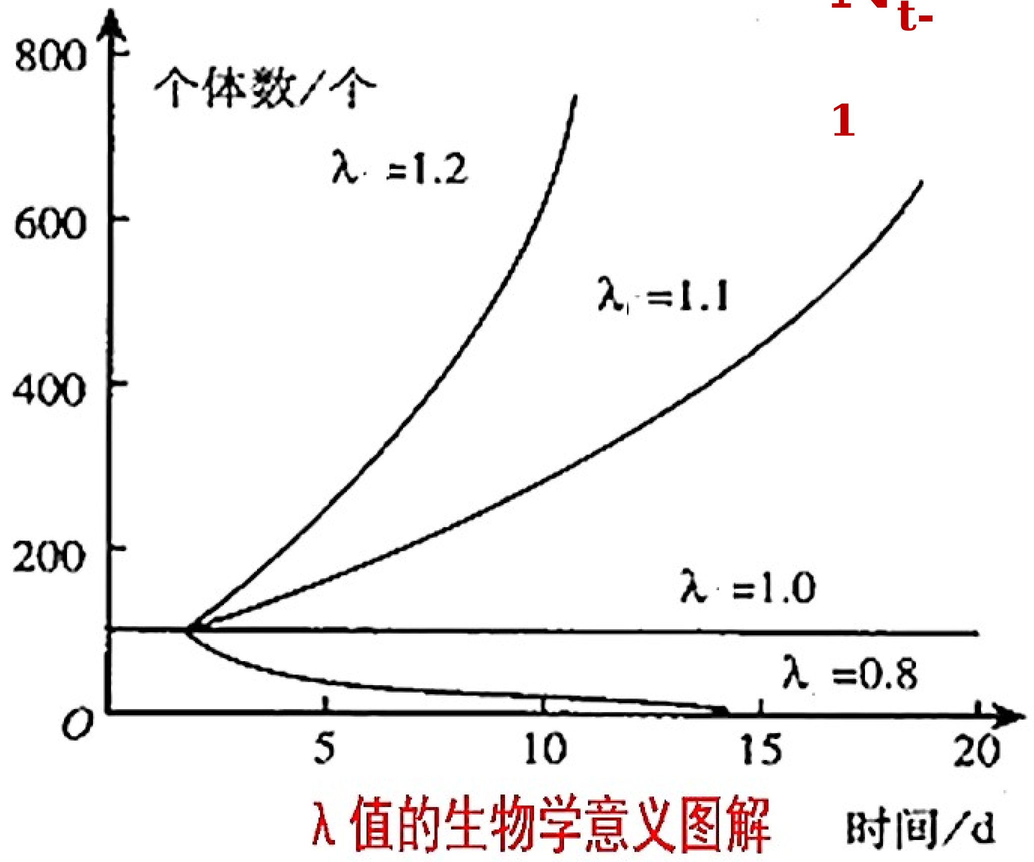
λ：表示该种群数量是前一年种群数量的倍数。

$$\lambda = \frac{N_t}{N_{t-1}}$$

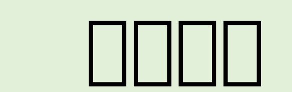
项目	种群数量变化	年龄结构
λ>1	增加	增长型
λ = 1	相对稳定	稳定型
λ<1	减少	衰退型

思考；当 λ ＞ 1 时，种群数量一定呈 “J” 形增长吗？

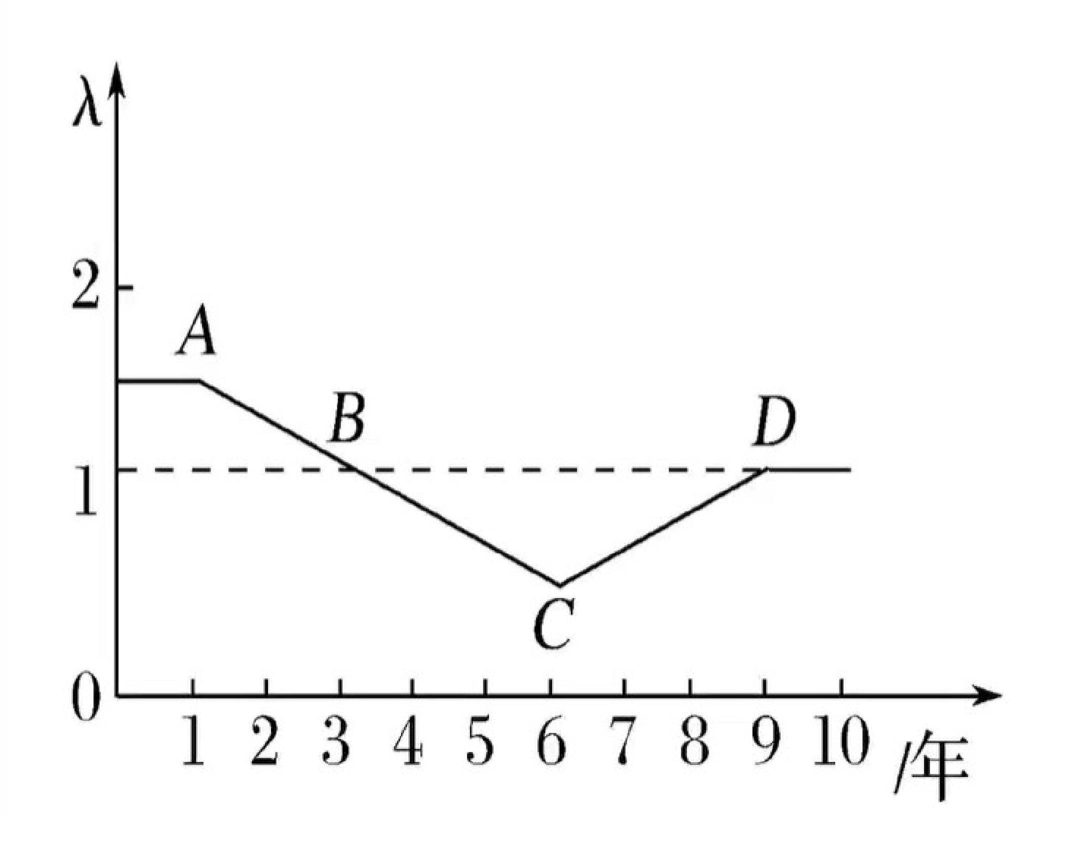
只有 λ ＞ 1 且为定值时，
种群增长才为“J”形增长。



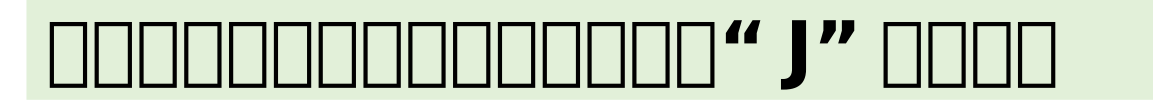
λ值的生物学意义图解



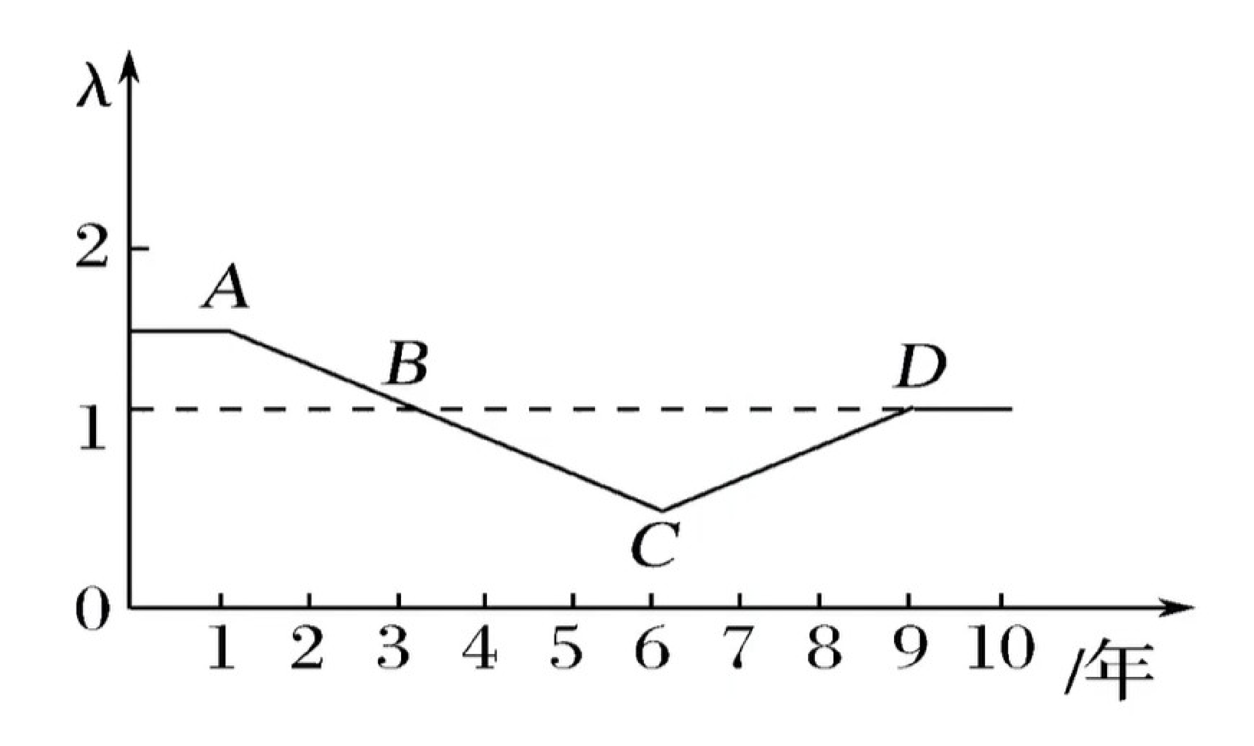
【例1】研究人员连续10年调查生态系统中某动物的种群数量变化，绘制的λ值变化曲线如图所示。



A、B、C、D 四点时的种群数量相比，最多的是__B__点；最少的是__D__点。



A



年龄结构

A ____________

B ____________

C ____________

D ____________

$$\lambda = \frac{N_9}{N_8} = 1$$

$$N_t = N_0 \lambda^t$$

【例2】德国小蠊刚迁入某地后 …… 若N_0=20，λ=2则第4年的德国小蠊数量为 160 。

$$N_3 = 20 \times 2^3$$

t = 3

t = 3

二、种群的“J”形增长

3.“J”形增长的数学模型公式：

假设对德国小蠊来说，本地的食物和空间条件充裕、气候适宜、没有天敌和其他竞争物种，第一年德国小蠊的数量为 N_0 只，第二年是第一年的 λ 倍，以后每年一样，是前一年的 λ 倍，那么 t 年后，德国小蠊的数量（Nt）为多少?

一年后： $N_1 = N_0 \cdot \lambda^1$

两年后： $N_2 = N_0 \cdot \lambda^2$

三年后： $N_3 = N_0 \cdot \lambda^3$

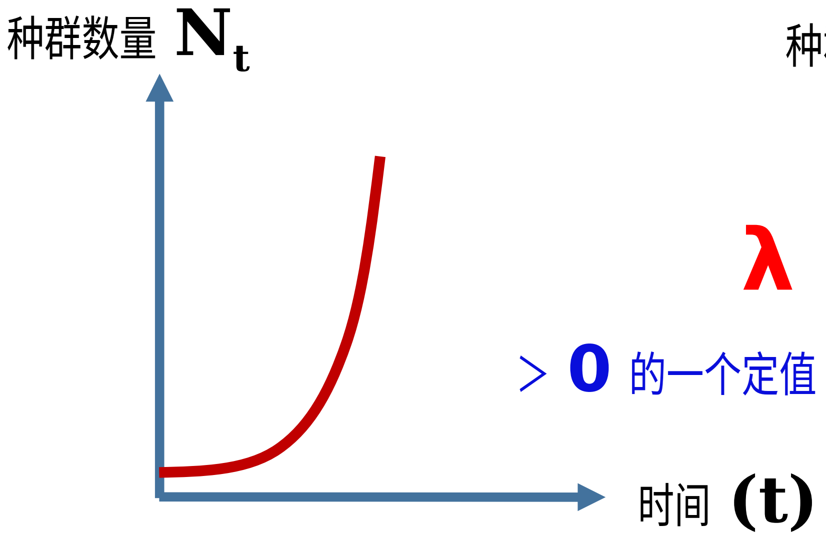
t 年后： $N_t = N_0 \cdot \lambda^t$

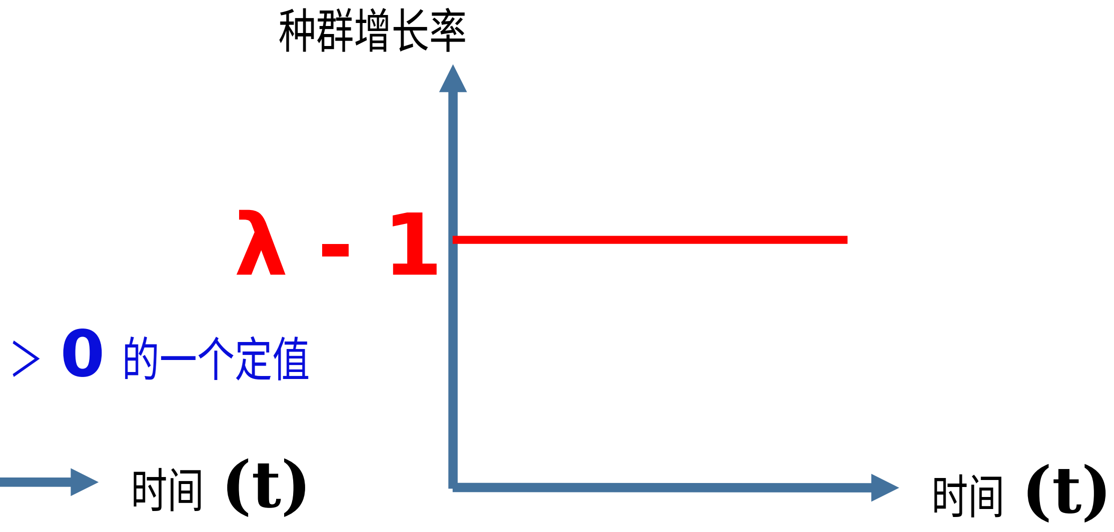
二、种群的“J”形增长

4. 种群“增长率”和“增长速率”：

(1) 增长率：单位时间内净增加的个体数占原来个体数的比例。

$$= \frac{N_t - N_{t-1}}{N_{t-1}} = \frac{N_t}{N_{t-1}} - \frac{N_{t-1}}{N_{t-1}} = \lambda - 1$$



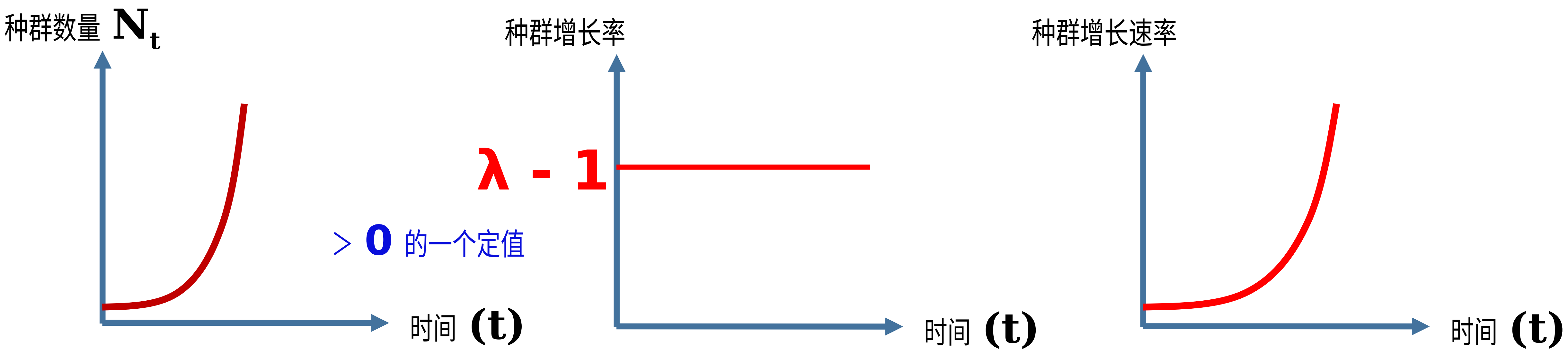


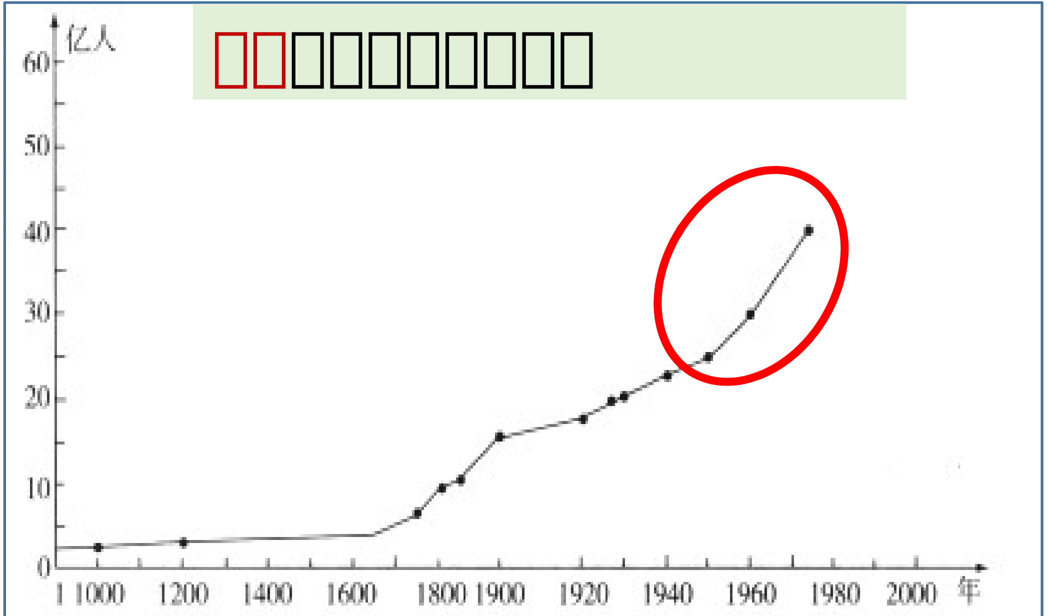
二、种群的“J”形增长

4. 种群“增长率”和“增长速率”：

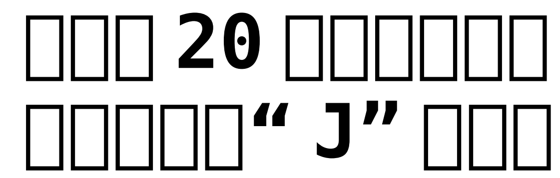
(1) 增长率：单位时间内净增加的个体数占原来个体数的比例。

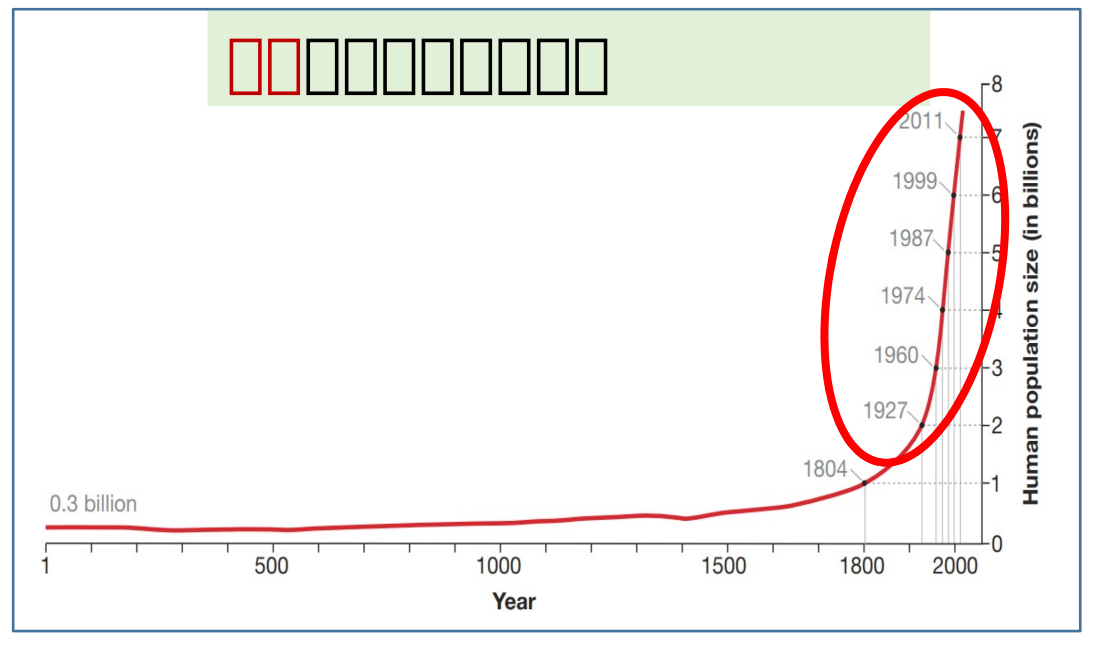
(2) 增长速率：单位时间内增加的个体数量。——“J”型曲线的斜率



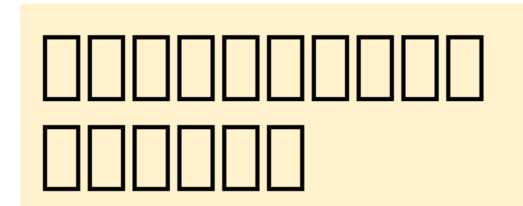


亿人
60
50
40
30
20
10
0
1 1000
1200
1400
1600
1800 1900
1920
1940
1960
1980
2000
年





0.3 billion
1804
1927
1960
1974
1987
1999
2011
Human population size (in billions)
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1
500
1000
1500
1800
2000
Year

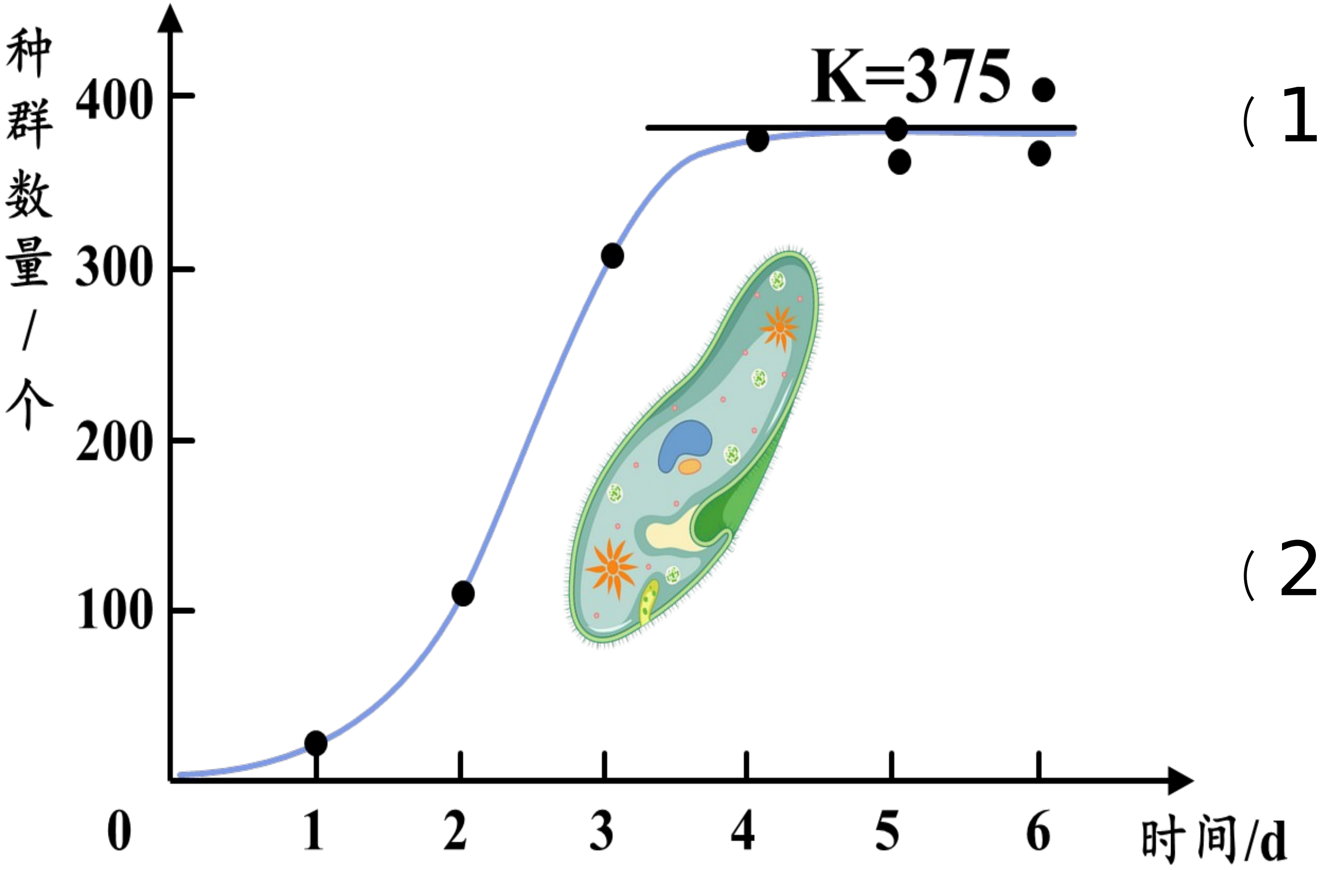


【实例】生态学家高斯的实验：

在 0.5 mL 培养液中放入 5 个大草履虫，

每隔 24h 统计一次大草履虫的数量。

经反复实验，结果如下图所示。



（1）大草履虫的数量在第几天增长较快?

第二天和第三天

（2）第几天以后基本维持在 375 个左右?

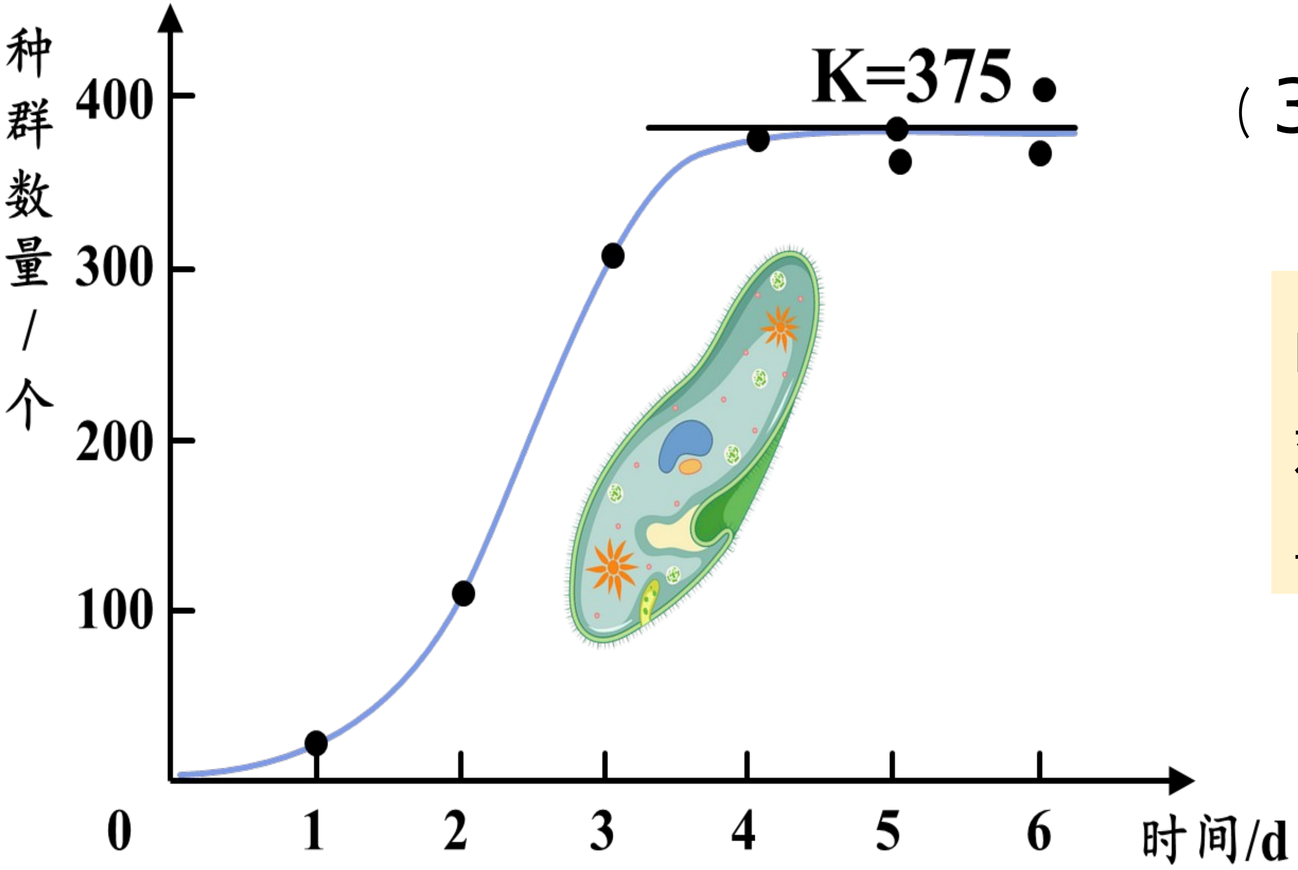
第五天

【实例】生态学家高斯的实验：

在 **0.5 mL** 培养液中放入 **5** 个大草履虫，

每隔 **24h** 统计一次大草履虫的数量。

经反复实验，结果如下图所示。



（3）为什么大草履虫种群没有出现“J”形增长?

由于随着大草履虫数量的增多，

对食物和空间的竞争趋于激烈，

导致出生率下降，死亡率升高。 **P9**

直到出生率 ≈ 死亡率，种群数量不再增加，

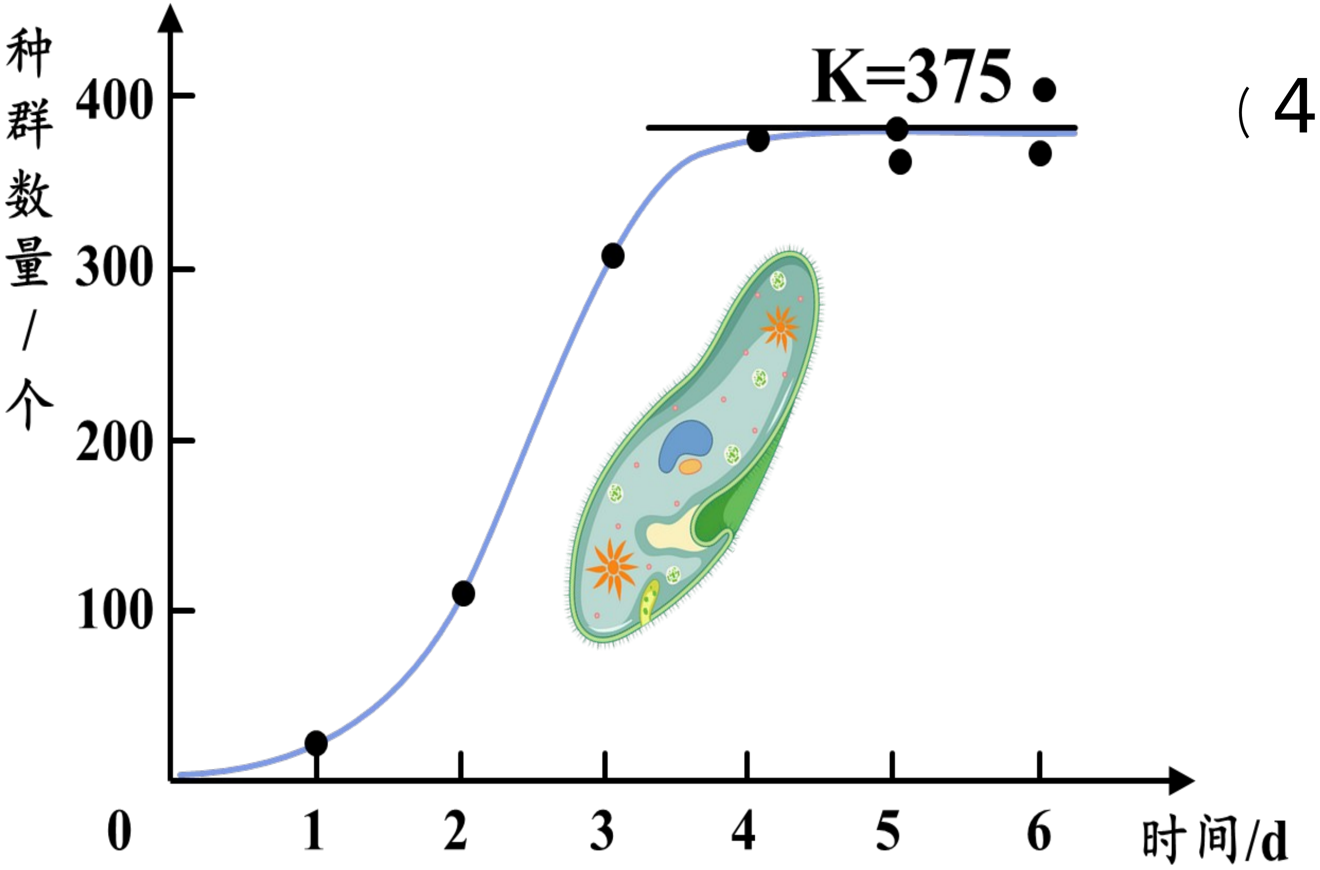
维持稳定。

【实例】生态学家高斯的实验：

在 **0.5 mL** 培养液中放入 **5** 个大草履虫，

每隔 **24h** 统计一次大草履虫的数量。

经反复实验，结果如下图所示。



（4）第 5 天后，大草履虫的数量基本维持在 375 个左右，这个数值意味着什么？

该环境下所能维持的最大种群数量。

—— 环境容纳量

（5）这种类型的种群增长称为什么？

种群的“S”形增长

二、种群的“S”形增长

1.“S”形增长的含义：

种群经过一定时间的增长后，数量趋于稳定，增长曲线呈“S”形。

2.“S”形增长的形成原因：P9

① 资源和空间有限
② 种群密度增大时
③ 种内竞争加剧

→ 出生率降低；死亡率升高

→ 出生率=死亡率时，种群稳定在一定的水平

3. 适用对象：

一般自然种群的增长

4. 环境容纳量：

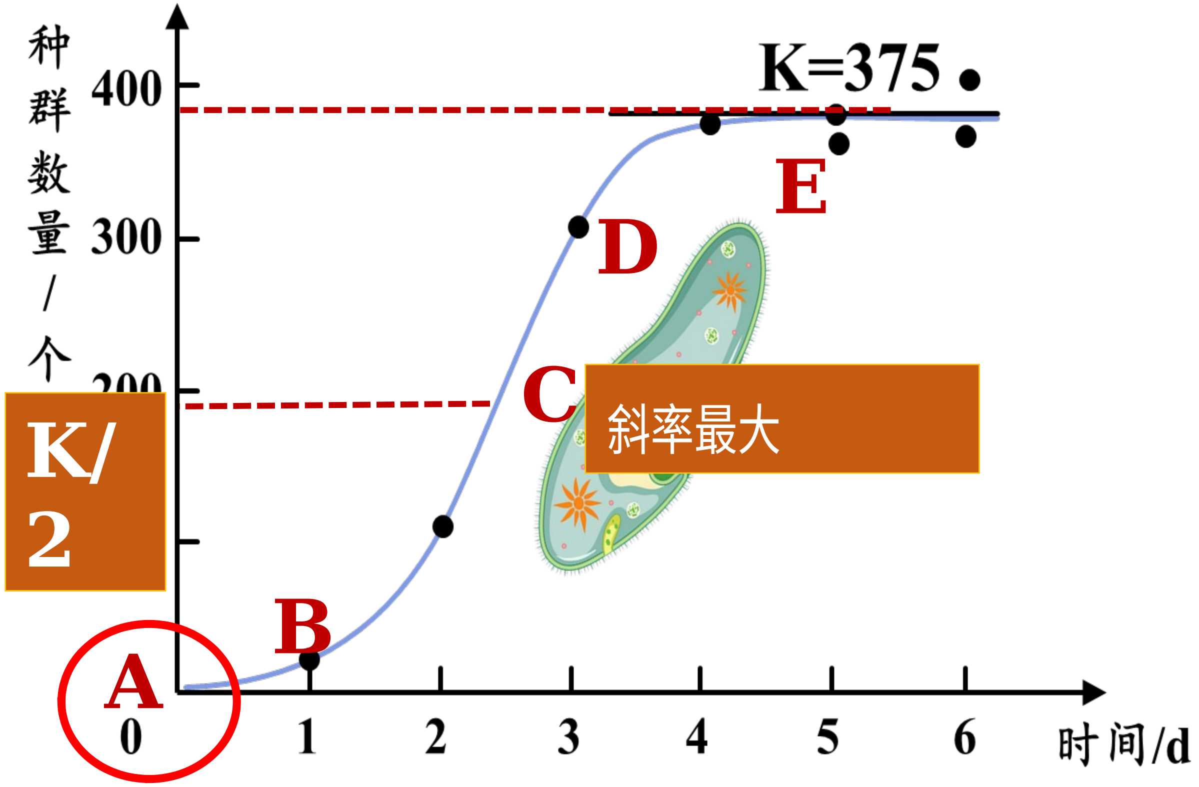
一定的环境条件所能维持的种群最大数量，称为环境容纳量，又称K值。

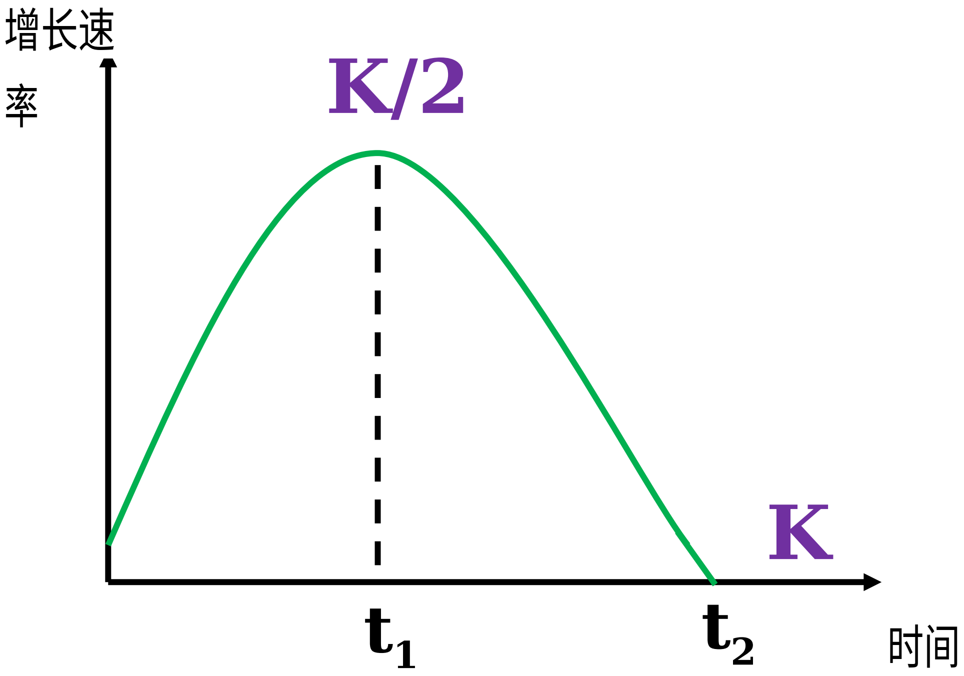
思考：斜率代表什么含义?

增长速率

S 型曲线的斜率有什么变化?

先增大后减小，最后为 0

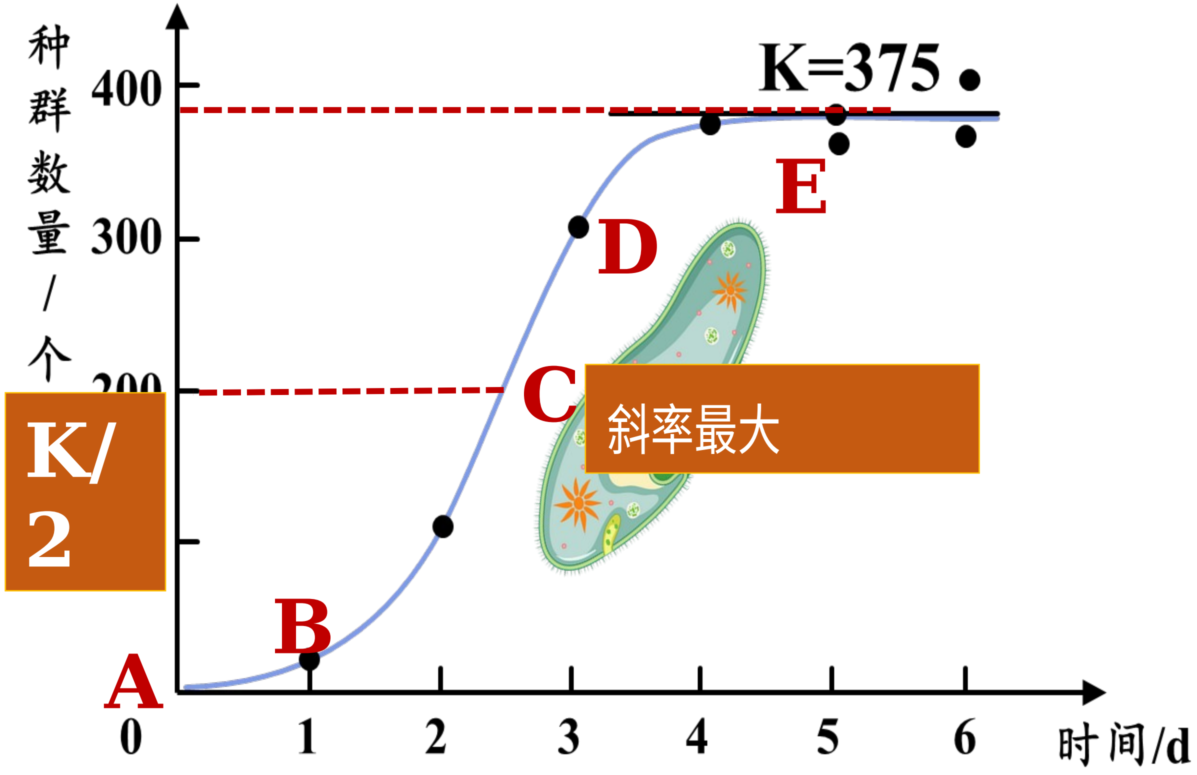




S 型曲线增长速率曲线

二、种群的“ S” 形增长

5.“S” 曲线的分析:



(1)AB 段:

种群基数小，需要适应新环境，增长较缓慢。

调整期

(2)BC 段:

资源和空间丰富，出生率升高，种群数量增长迅速。

加速期

(3)C 点:

种群数量为 **K/2** ，种群增长速率达到最大。

转折期

(4)CD 段:

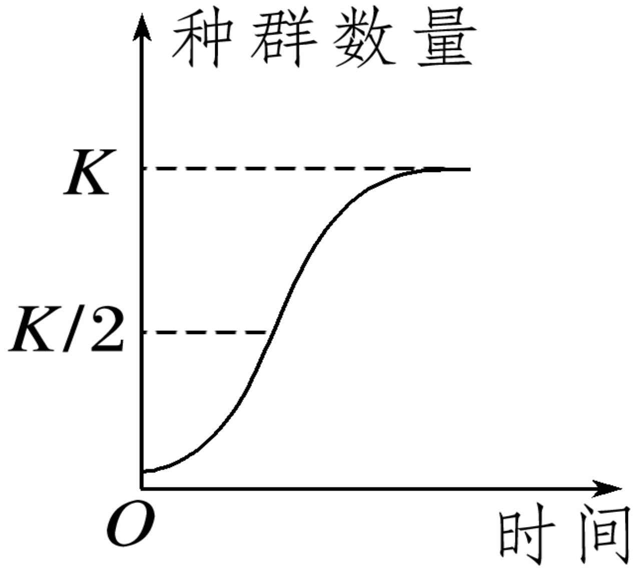
资源和空间有限，种群密度增大，种内竞争加剧，出生率降低，死亡率升高，种群增长减缓；

减速期

(5)DE 段:

出生率约等于死亡率，种群增长速率几乎为 **0** ，种群数量达到 **K** 值，且维持相对稳定。

饱和期



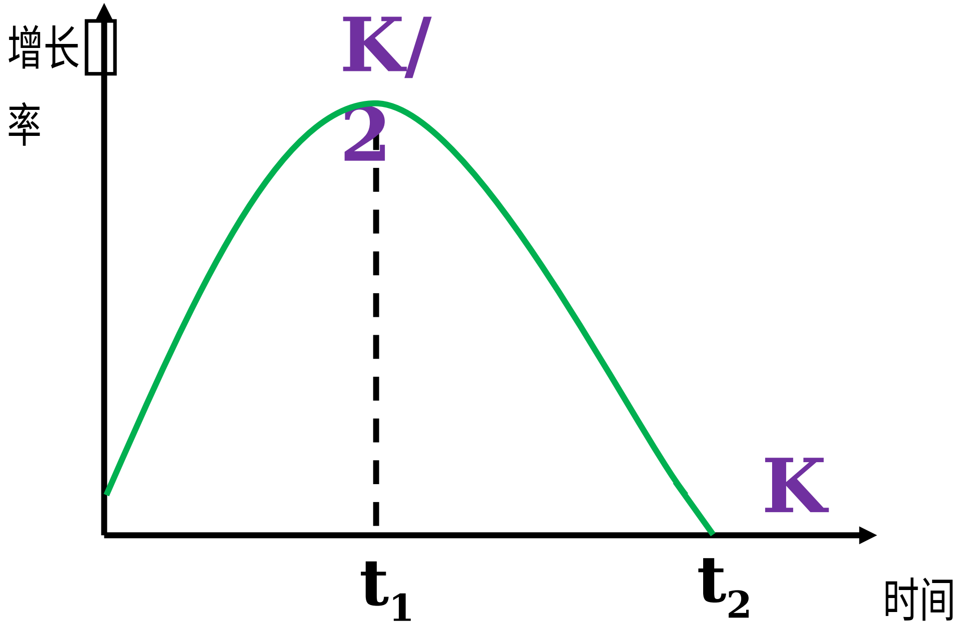
= 出生率 - 死亡率

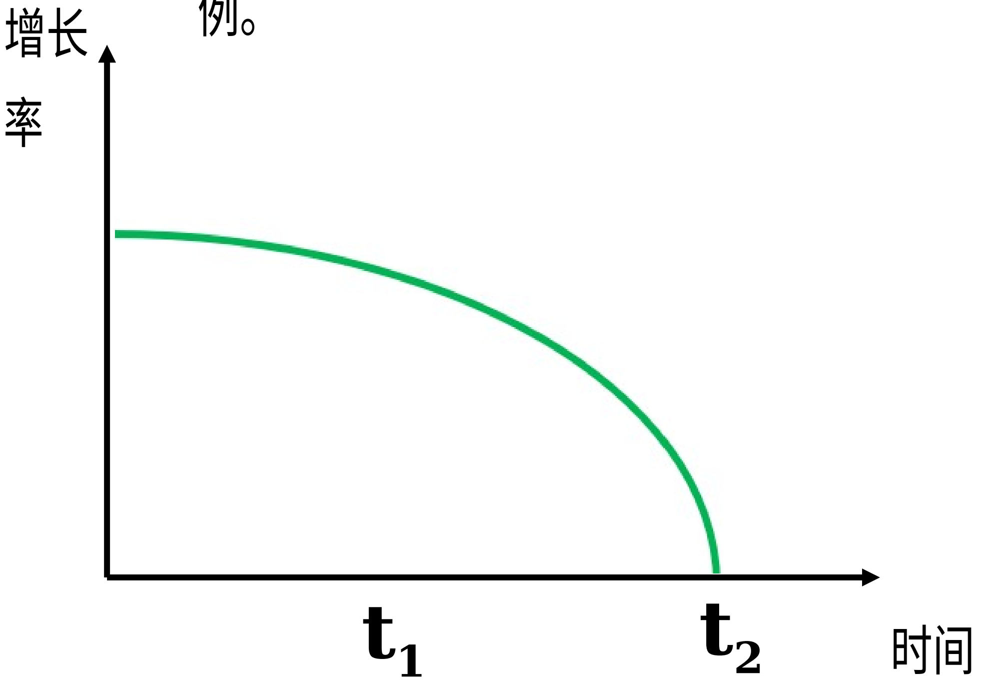
$$=\frac{\text{出生数}-\text{死亡数}}{\text{原来个体数}}=\frac{\text{出生数}}{\text{原来个体数}}-\frac{\text{死亡数}}{\text{原来个体数}}$$

增长率

单位时间内净增加的个体数占原来个体数的比例。

增长速率（斜率）





【例3】

种群数量

K

K/2

a b c d e

t_0 t_1 t_2 时间

甲

增长速率

f g h

t_0 t_1 t_2 时间

乙

(1)图乙的fg段相当于图甲的 **ac** 段

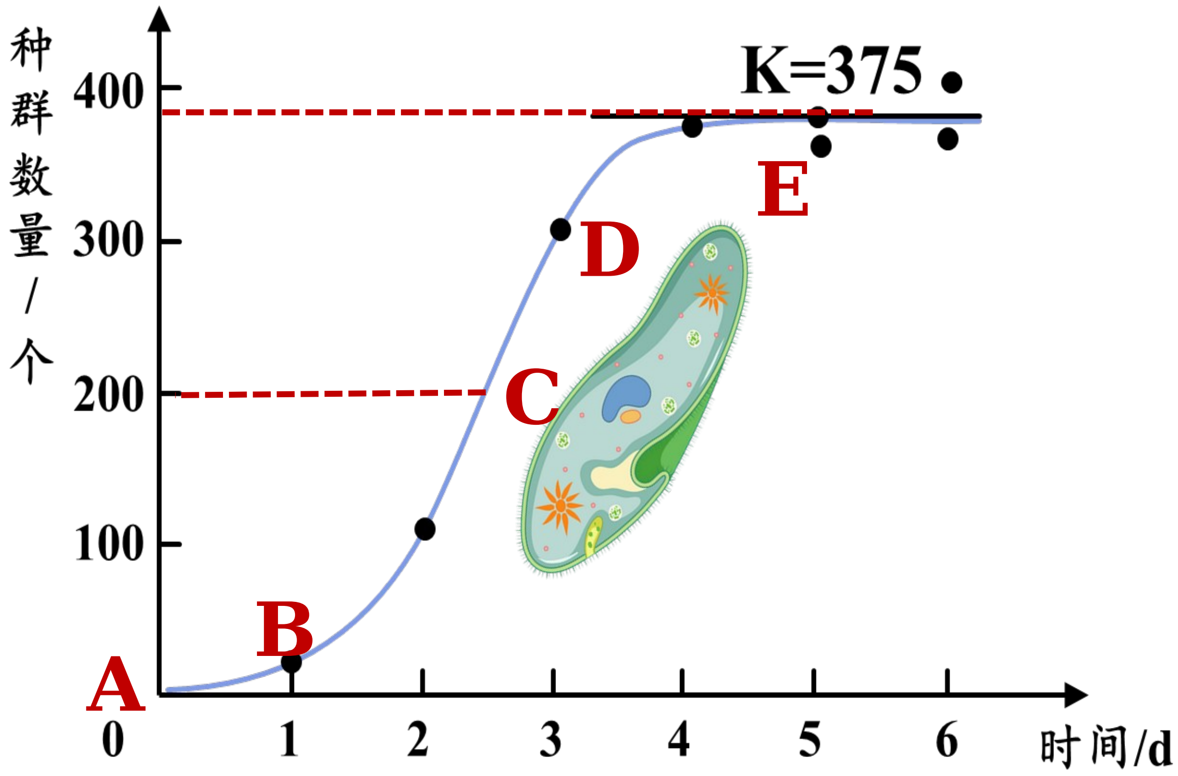
(2)图乙的g点相当于图甲的 **c** 点

(3)图乙的gh段相当于图甲的 **cd** 段

(4)图乙的h点相当于图甲的 **de** 段

二、种群的“S”形增长

环境容纳量：一定的环境条件所能维持的最大种群数量，又称K值。



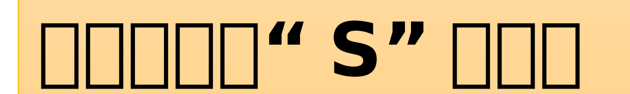
1、K值是不是种群数量的最大值?

不是。

在环境条件没有变化的情况下，种群数量在K值上下波动，动态平衡。

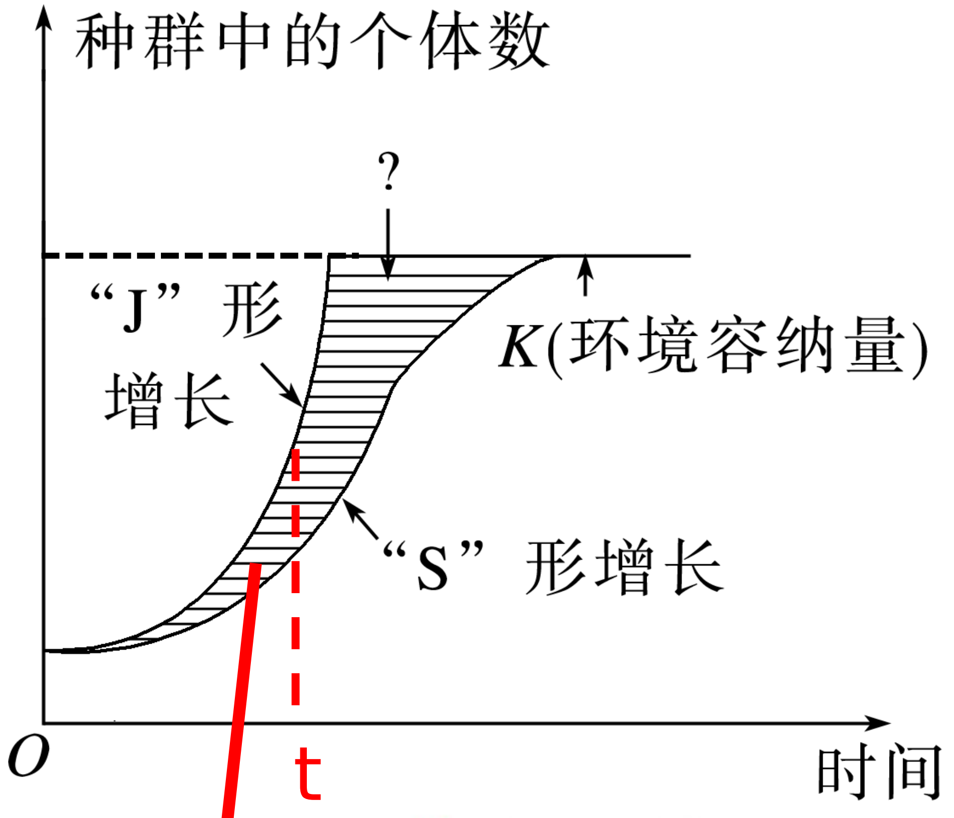
2、同一种群的K值是固定不变的吗?

不是，生物自身的遗传特性和食物、栖息场所、天敌及其他生存条件均会影响动物的环境容纳量。



K_2

“J”形曲线和“S”形曲线比较



环境阻力：
- 食物不足
- 空间有限
- 种内斗争
- 天敌捕食
- 气候、传染病等

(1) 某种群生活在一个较理想的环境中，则此种群数量增长的曲线是______。“J”形

(2) 如果此种群生活在一个有限制的自然环境中，种群的个体数量增长的曲线可能是______。
“S”形

(3) 图中两曲线间的阴影部分代表______环境阻力，按自然选择学说，就表示在生存斗争中被______的个体数量。
淘汰

二、种群的“S”形增长

6.K 值和 K/2 值的运用：

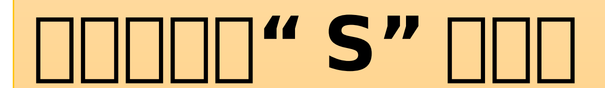
场景 1

1、野生大熊猫种群数量锐减的关键原因是什么？ P9

野生大熊猫的栖息地遭到破坏后，食物和活动范围缩小，K 值降低。

2、保护大熊猫的根本措施是什么？

建立自然保护区，改善栖息环境，从而提高环境容纳量。



□□□□□“S”□□□

6.K □□ K/2 □□□□□

P16

家鼠繁殖力极强，
善于打洞，偷吃粮食，
传播疾病，危害极大。

二、种群的“ S” 形增长

6.K 值和 K/2 值的运用:

场景 2　怎样做才能最有效的灭鼠? **P16**

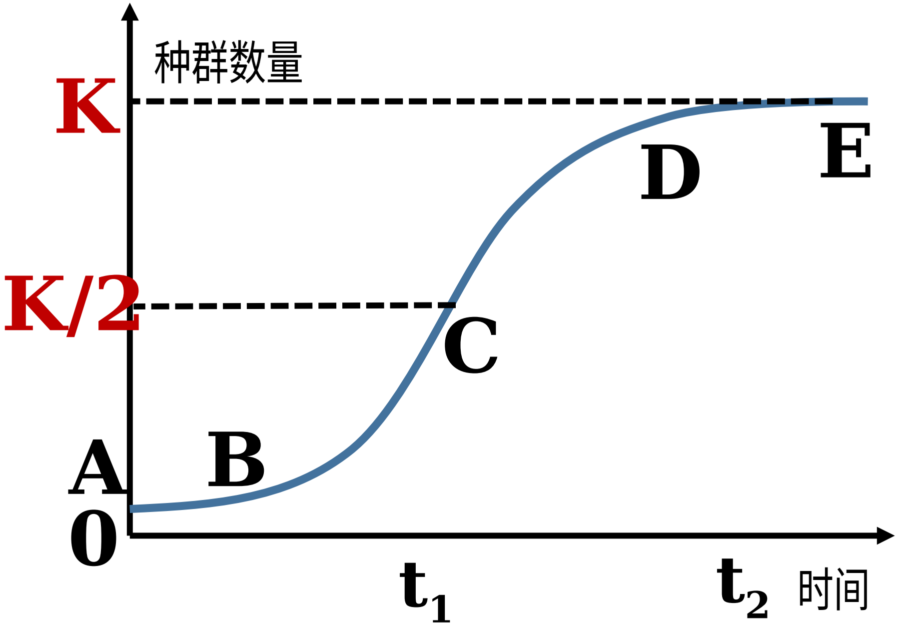
① 降低环境容纳量　　（防治有害生物的根本措施。）

增大环境阻力

降低 **K** 值

② 在____**K/2**____之前______捕杀

防止老鼠种群数量达到 **K/2** 处迅速增长



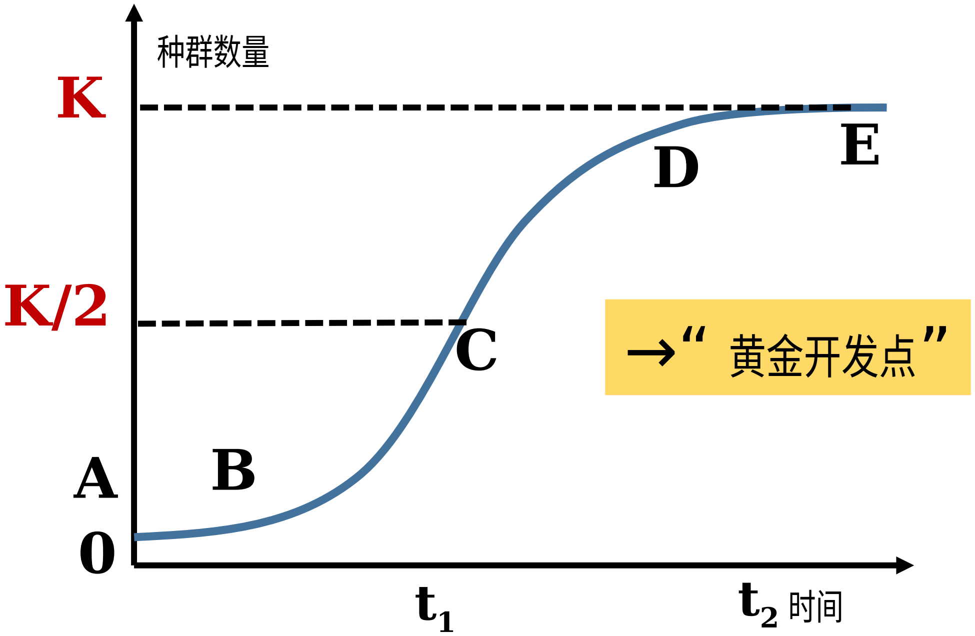
二、种群的“S”形增长

6.K 值和 K/2 值的运用：

场景 3

为了保护鱼类资源不受破坏，并能持续地获得最大捕鱼量，应使被捕鱼群的种群数量保持在什么水平？为什么？ **P16**

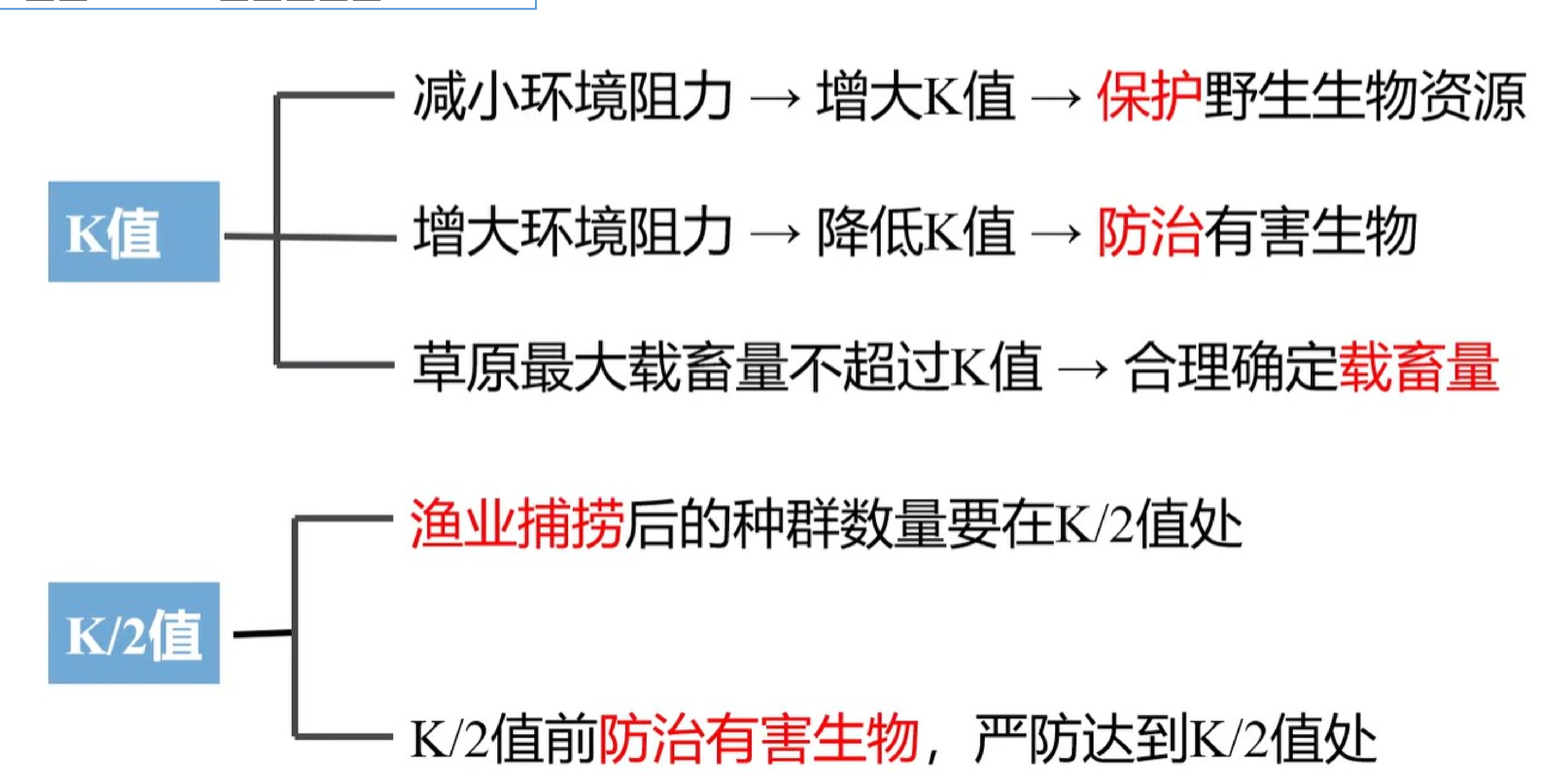
应使被捕鱼群的种群数量保持在 **K/2** 水平，因为在这个水平上种群增长率最大。



（中等强度的捕捞，有利于持续获得较大的鱼产量）

□□□□□“S”□□□

6.K □□K/2 □□□□□


K值
减小环境阻力 → 增大K值 → 保护野生生物资源
增大环境阻力 → 降低K值 → 防治有害生物
草原最大载畜量不超过K值 → 合理确定载畜量
K/2值
渔业捕捞后的种群数量要在K/2值处
K/2值前防治有害生物，严防达到K/2值处

三、种群数量的波动 **P10**

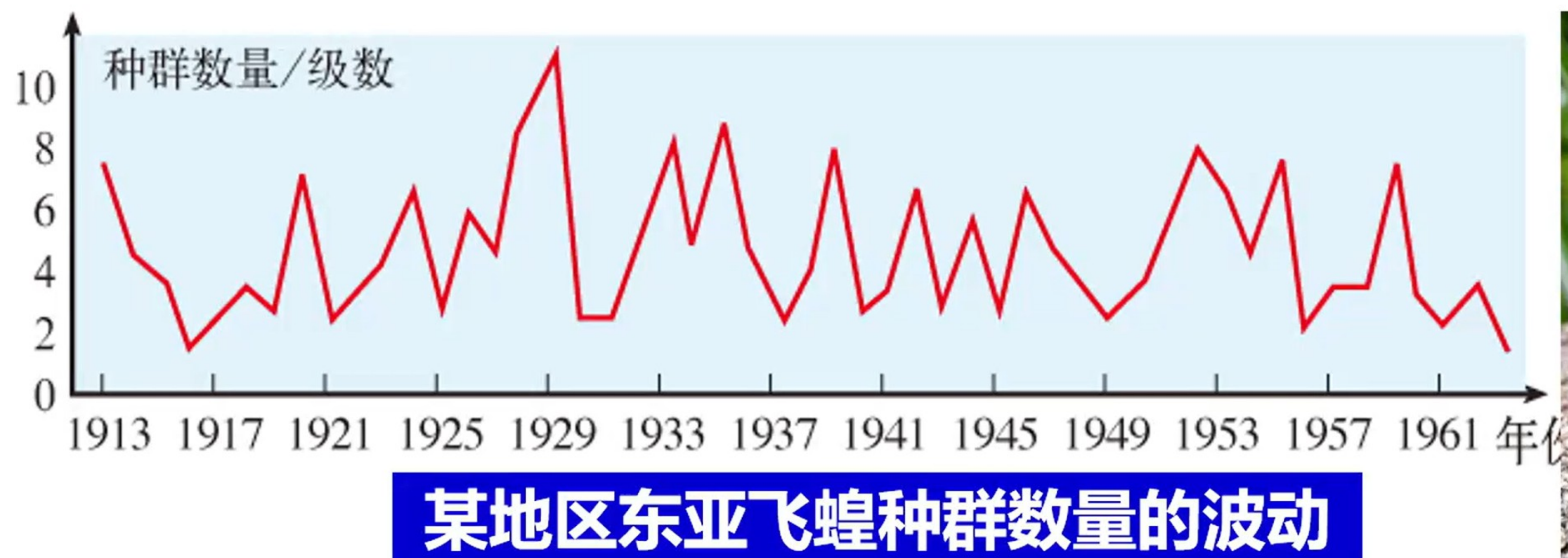
1 、在自然界，有的种群能够在一段时期内维持数量的相对稳定。

野牛

狮群

1

2


种群数量/级数
10
8
6
4
2
0
1913
1917
1921
1925
1929
1933
1937
1941
1945
1949
1953
1957
1961
某地区东亚飞蝗种群数量的波动

三、种群数量的波动

1、在自然界，有的种群能够在一段时期内维持数量的相对稳定。

2、但对于大多数生物，种群数量总是在波动中。

3、处在波动状态的种群，在某些特定条件下可能出现种群爆发。

蝗灾

鼠灾

赤潮

三、种群数量的波动

1 、在自然界，有的种群能够在一段时期内维持数量的相对稳定。

2 、但对于大多数生物，种群数量总是在波动中。

3 、处在波动状态的种群，在某些特定条件下可能出现种群爆发。

4 、种群长久处于不利条件下，如遭遇人类乱捕滥杀和栖息地破坏，种群数量会出现持续性的或急剧的下降。

生态学巨匠马世骏 P12

“我要用我的知识改变落后的中国”

三、种群数量的波动

1 、在自然界，有的种群能够在一段时期内维持数量的相对稳定。

2 、但对于大多数生物，种群数量总是在波动中。

3 、处在波动状态的种群，在某些特定条件下可能出现种群爆发。

4 、种群长久处于不利条件下，如遭遇人类乱捕滥杀和栖息地破坏，种群数量会出现持续性的或急剧的下降。

种群的延续需要有一定的个体数量为基础。

当一个种群的数量过少，种群可能会由于

近亲繁殖等而衰退、消亡。

三、种群数量的波动

1 、在自然界，有的种群能够在一段时期内维持数量的相对稳定。

2 、但对于大多数生物，种群数量总是在波动中。

3 、处在波动状态的种群，在某些特定条件下可能出现种群爆发。

4 、种群长久处于不利条件下，如遭遇人类乱捕滥杀和栖息地破坏，种群数量会出现持续性的或急剧的下降。

对于那些已经低于种群延续所需的最小种群数量的物种，

需要采取有效的措施进行保护。

探究 · 实践

培养液中酵母菌种群数量的变化

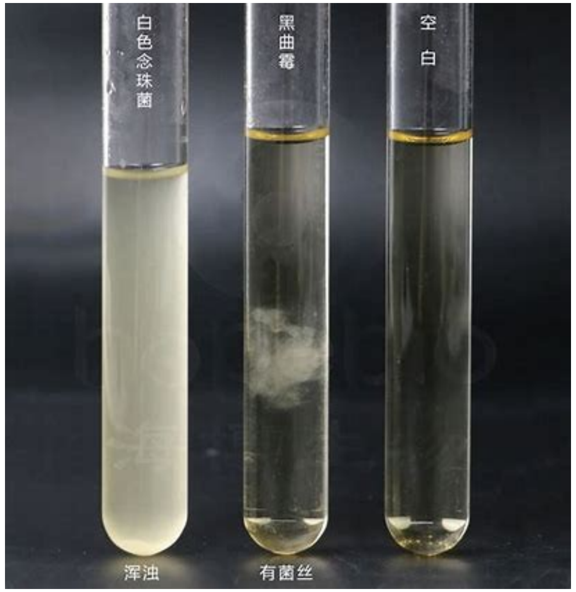
- 酵母菌是 ____真核____（真核或原核）生物。
- 酵母菌进行 ______出芽生殖。

为什么酿酒和做面包需要酵母菌?

用的培养基是?

液体培养基

固体培养基

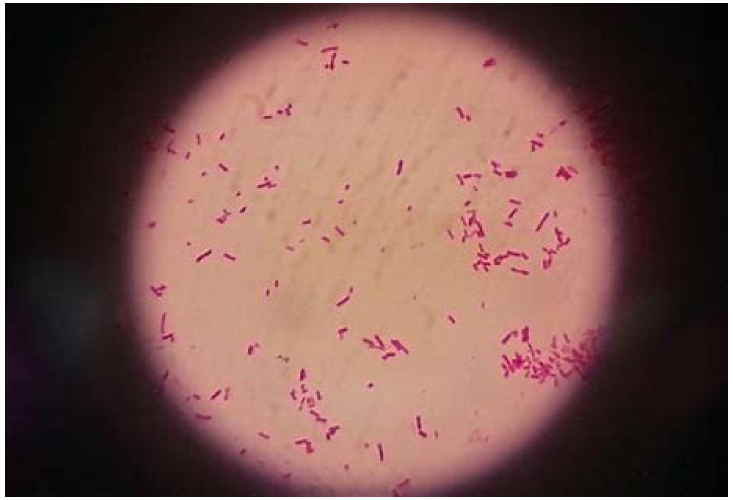


探究·实践

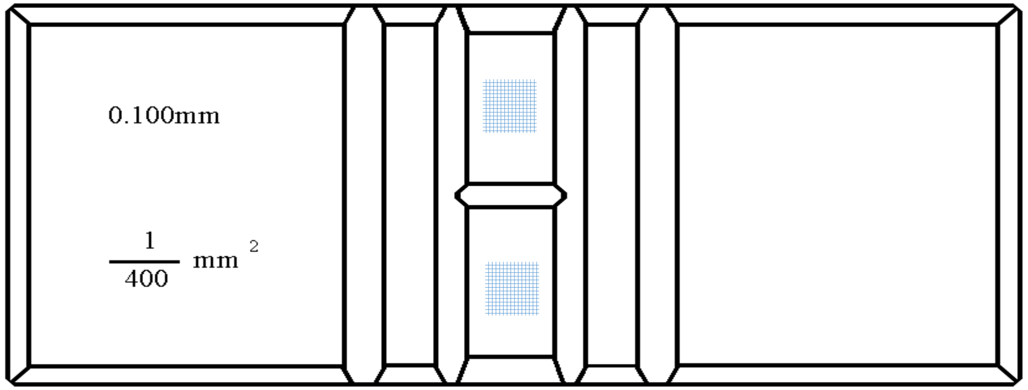
单细胞生物，用样方法和标记重捕法都不合适

调查方法：“抽样检测法”

培养液中酵母菌种群数量的变化



种群密度是多少?

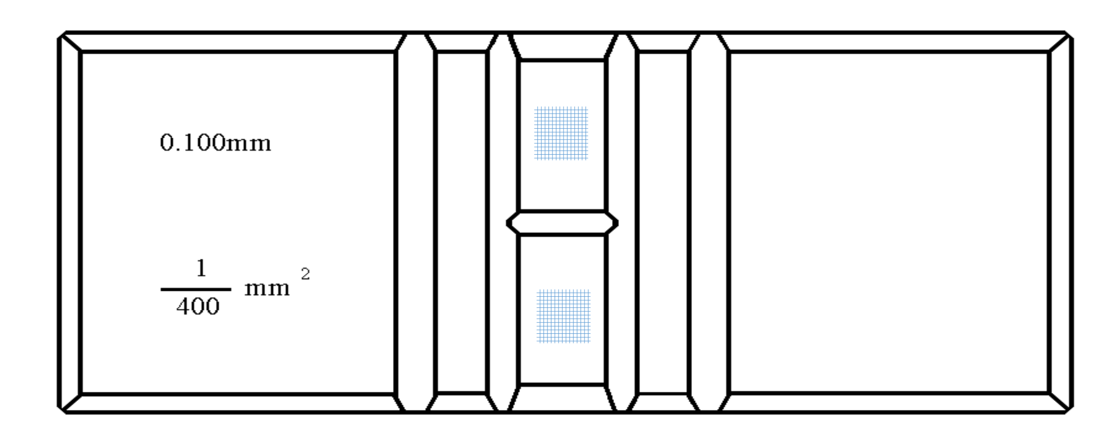


工具：血细胞计数板

培养液中酵母菌种群数量的变化

（1）调查方法：<u>抽样检测法</u>

（2）计数方法：<u>血细胞计数板计数法</u>



实验原理

在理想条件下，种群的增长呈“J”形曲线；在各种资源有限或者存在环境阻力的情况下，种群增长呈“S”形曲线。通过细胞计数可以测定封闭容器内的酵母菌种群随时间而发生的数量变化。

提出问题

培养液中酵母菌的数量是怎样随时间变化的?

培养液中的酵母菌数量一开始呈“J”形增长；随着时间的推移，酵母菌数量呈“ S ”形增长。

培养液中酵母菌种群数量的变化

实验设计

（1）变量设置 本实验自变量是什么？该如何设置？

自变量：时间

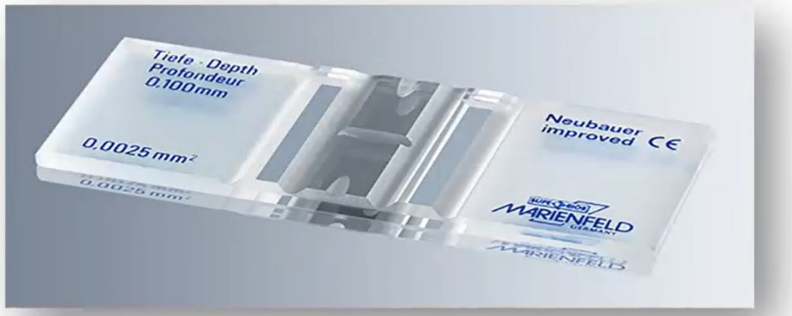
因变量：酵母菌数量

无关变量：培养液的体积、成分、pH、温度等

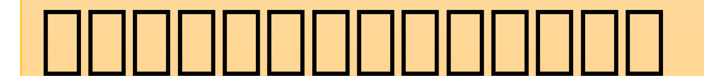
（2）材料用具 无菌马铃薯培养液或者肉汤培养液，显微镜等。

酵母菌菌种

培养液



血球计数板



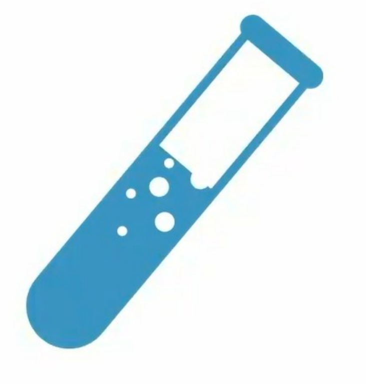
实验设计 → （3）设计思路　对培养液中酵母菌数量定时检测并记录。

1 准备

将10ml马铃薯培养液或肉汤培养液加入试管中

2 接种

将酵母菌接种到支试管中

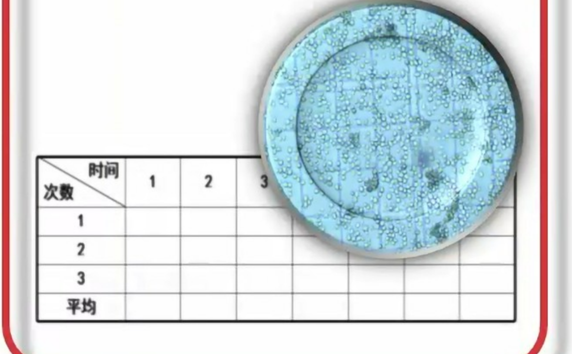


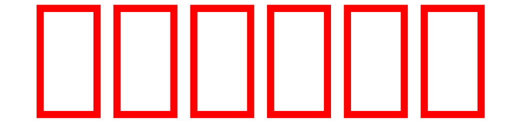
3 培养

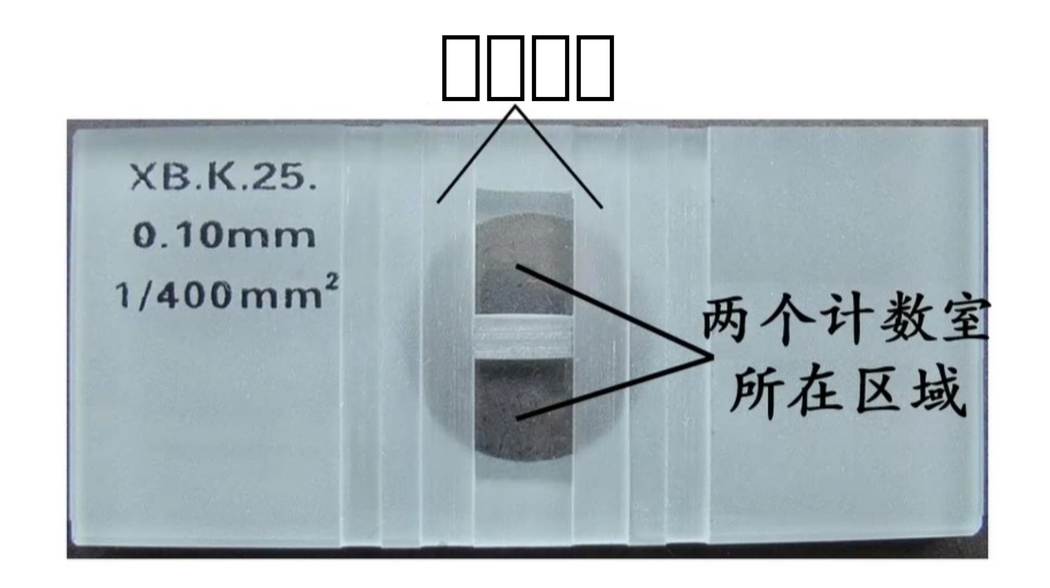
将试管放在28℃的恒温箱中培养7天

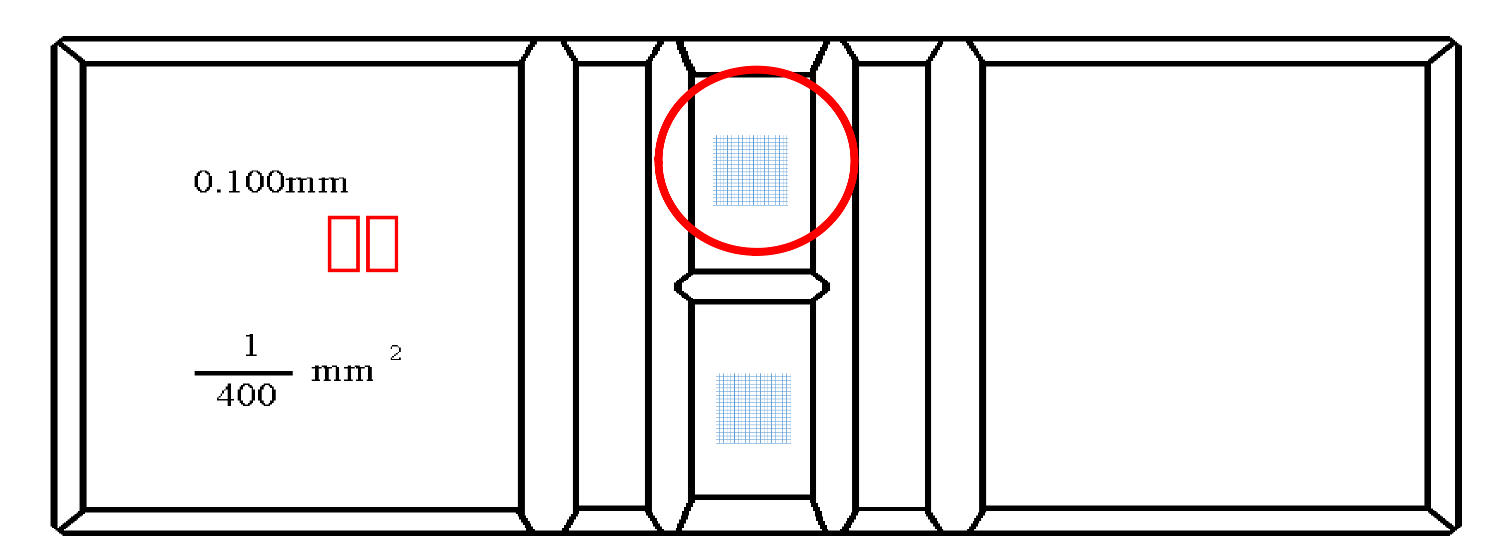
4 计数

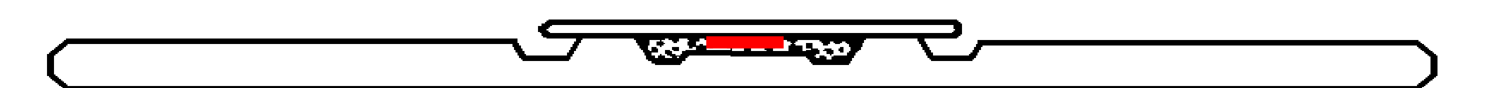
每天取样计数酵母菌的数量，连续观察7天并记录这7天的数值。

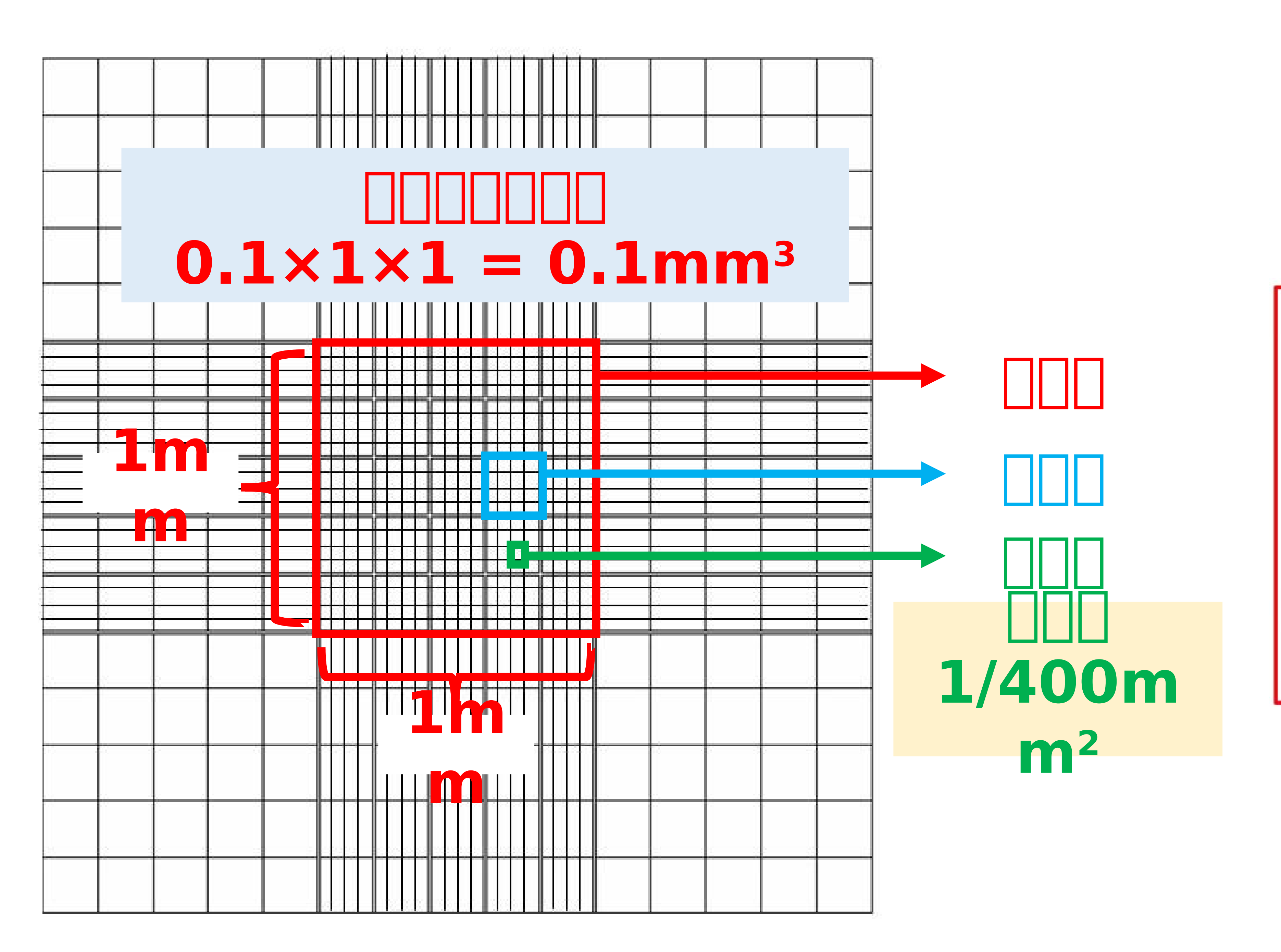




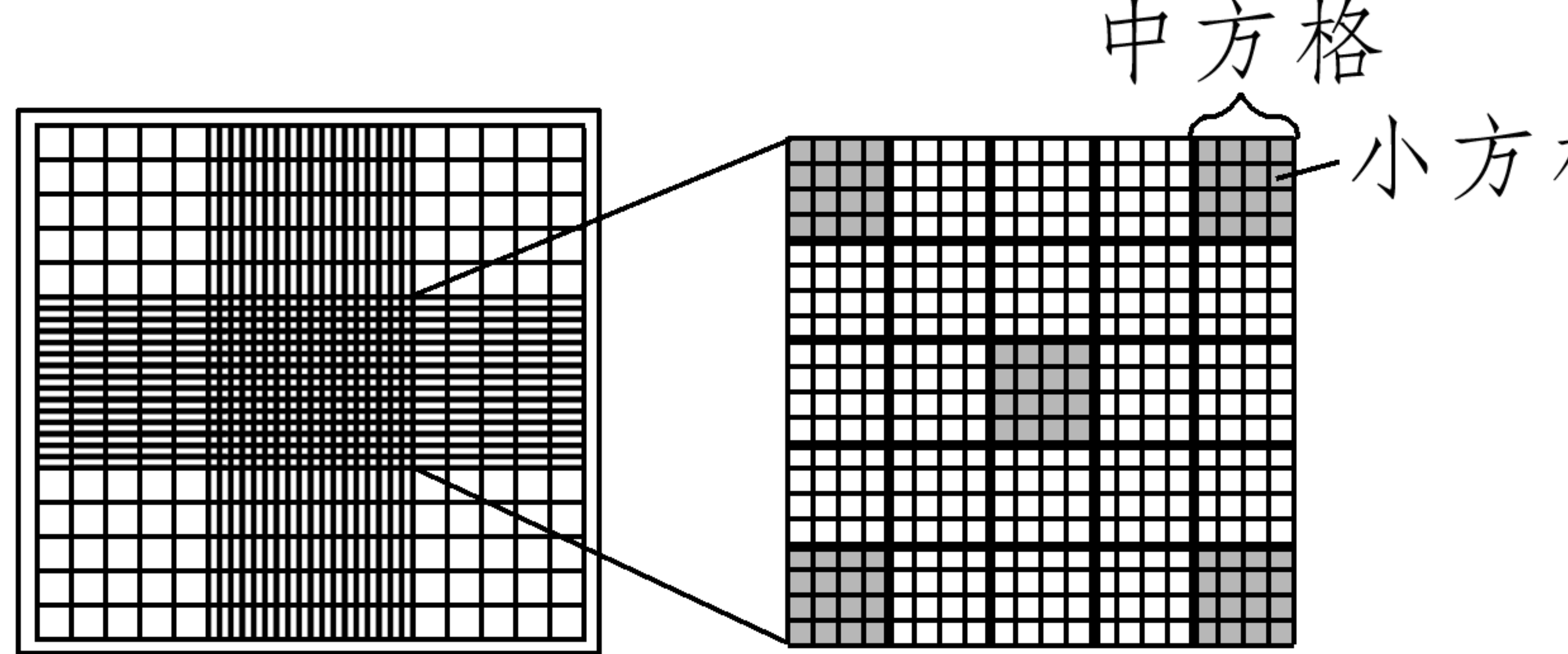

XB.K.25.
0.10mm
1/400mm²
两个计数室
所在区域


0.100mm
1/400 mm²





方格网上刻有9个大方格，其中只有中间的**一个大方格为计数室**，供微生物计数用。



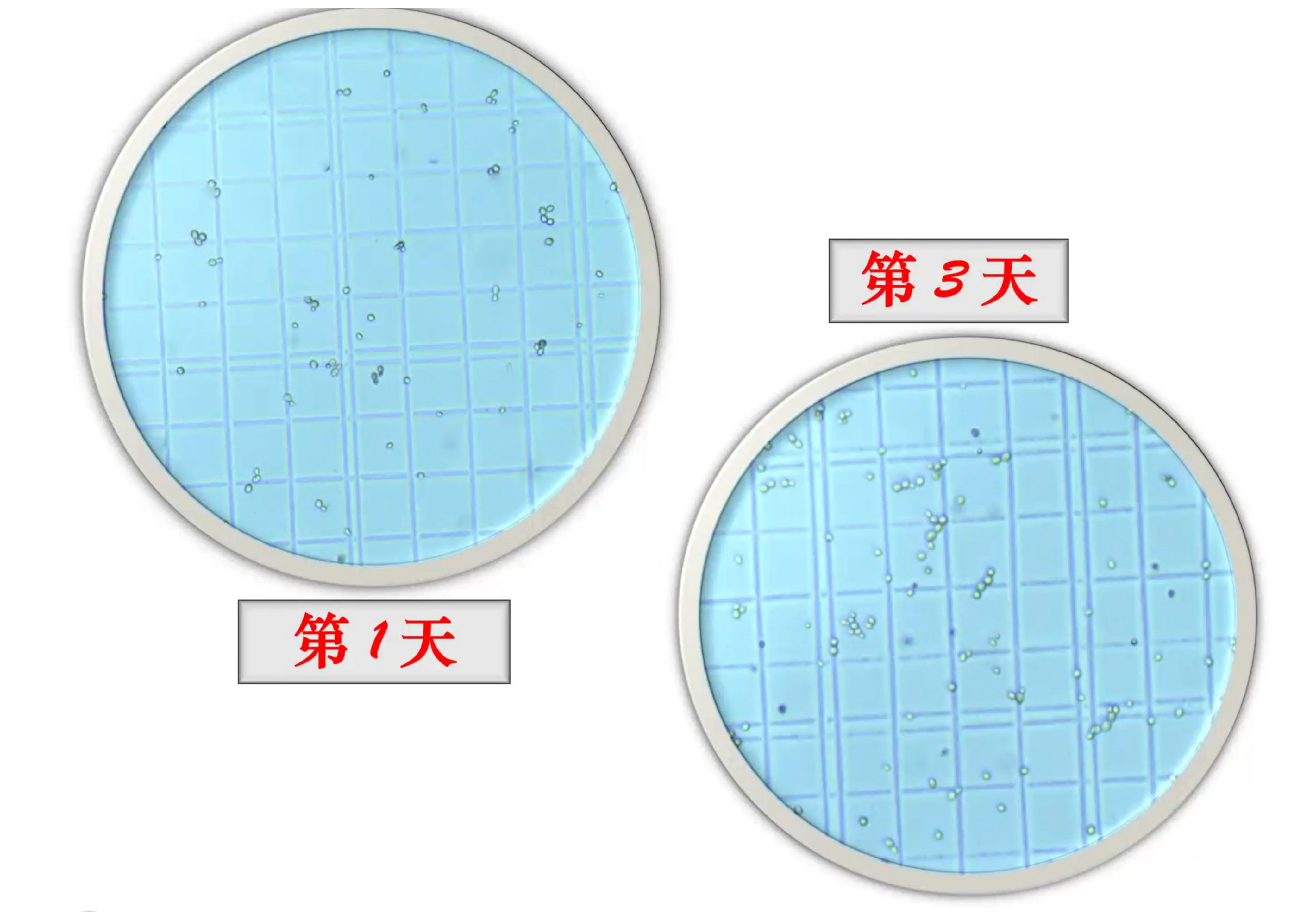
A. 放大的方格网

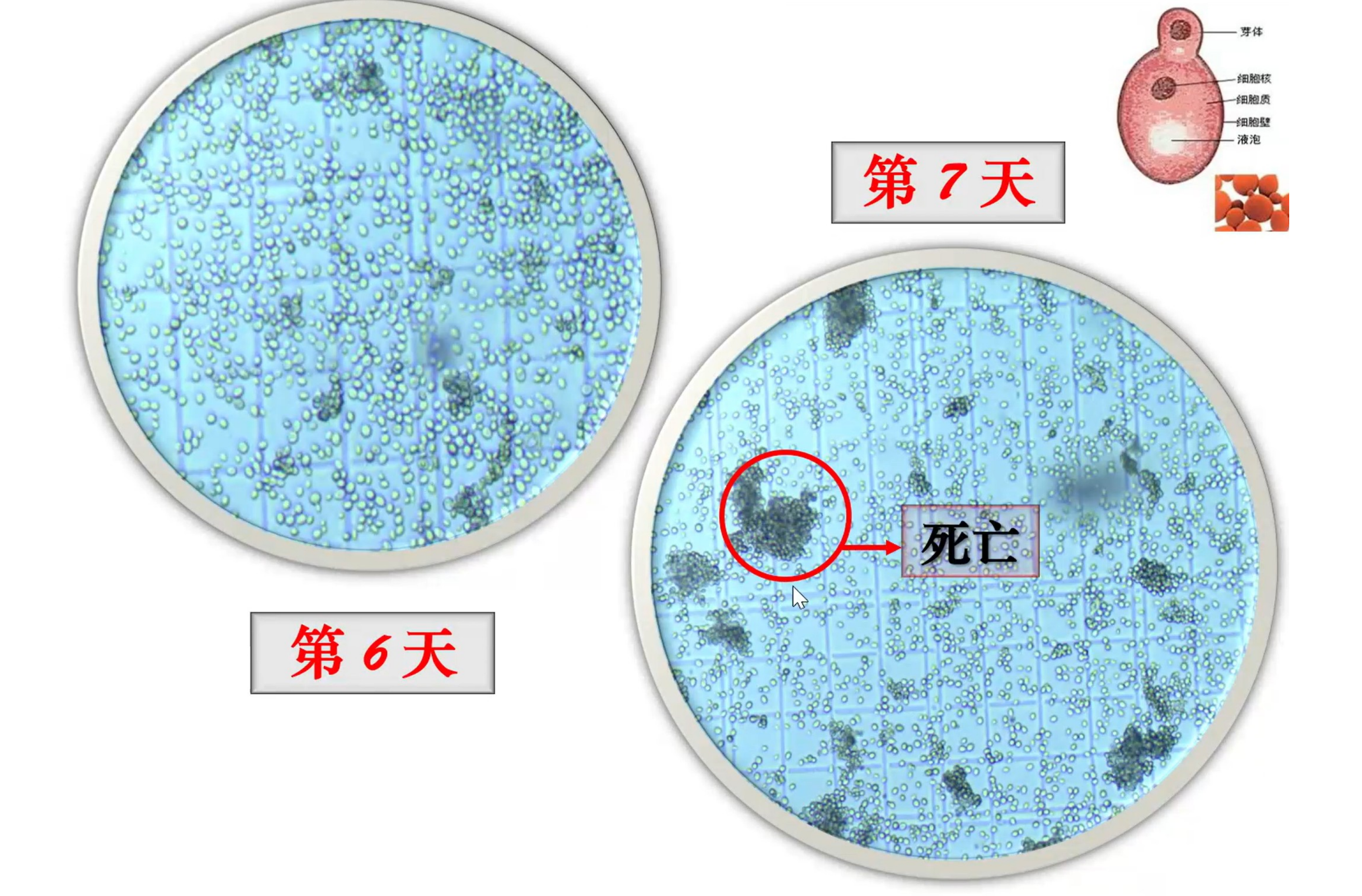
B. 放大的计数室 (25 × 16)

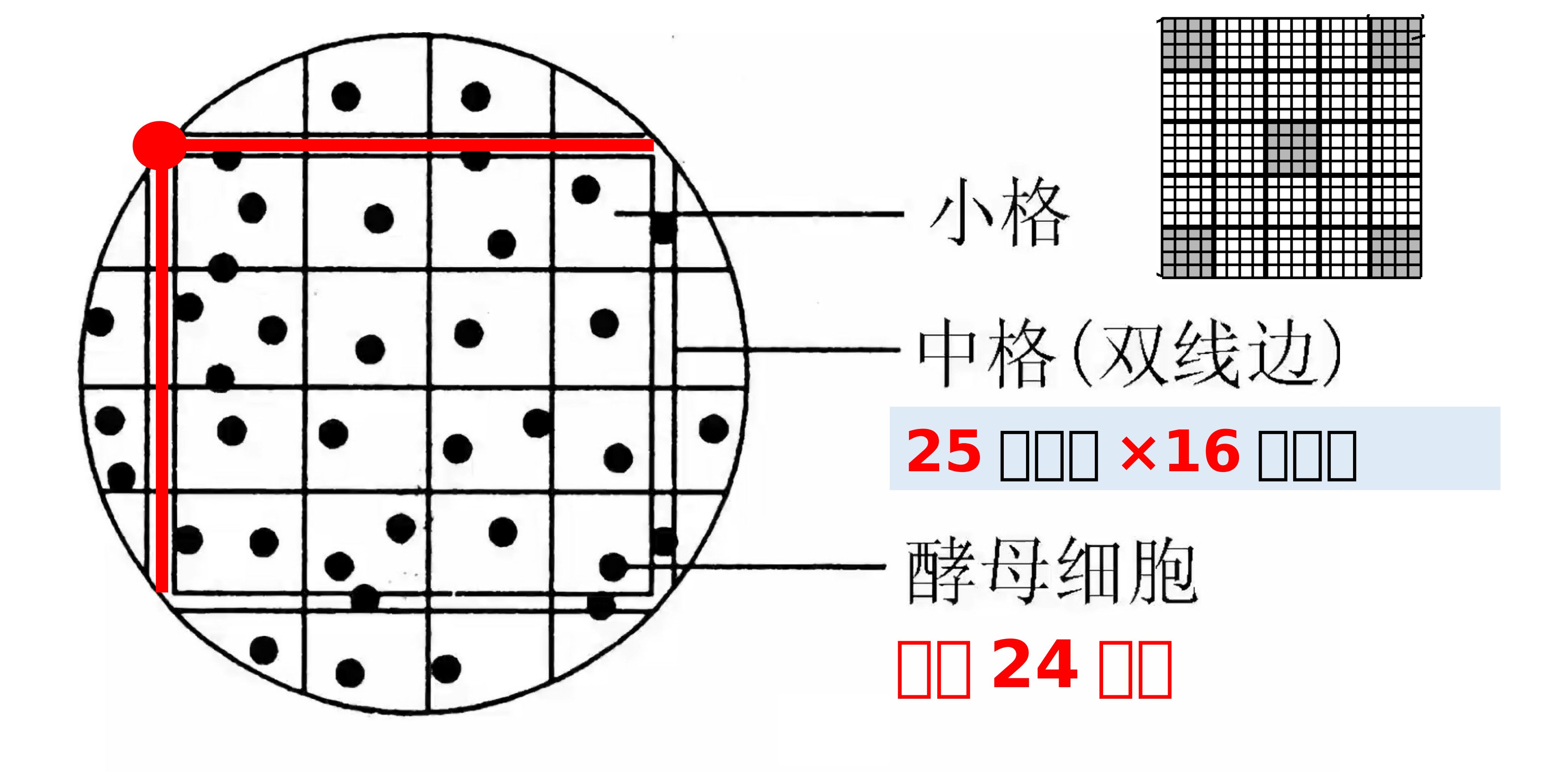
C. 放大的计数室 (16 × 25)

25×16型：
一般计数四个角和中央的五个中方格（80个小方格）的细胞数。

16×25型：
一般取四角的四个中方格（100个小方格）计数


第 1 天
第 3 天


芽体
細胞核
細胞质
細胞壁
液泡
第 7 天
死亡
第 6 天



计数室中酵母细胞总数＝中方格中酵母菌数量的平均值×25

计数室中酵母细胞种群密度为＝ $\dfrac{\text{计数室中酵母细胞总数}}{0.1\text{mm}^3}$

用血球计数板对培养液中酵母菌进行计数，若计数室为 1mm×1mm×0.1mm 方格，由 400 个小方格组成。如果一个小方格内酵母菌过多，难以计数，应先__________后再计数。若稀释 100 倍后，算得每个小方格中平均有 5 个酵母菌，则培养液中酵母菌的密度为________________个 /mL， 10mL 该培养液中酵母菌总数有________________个。

释

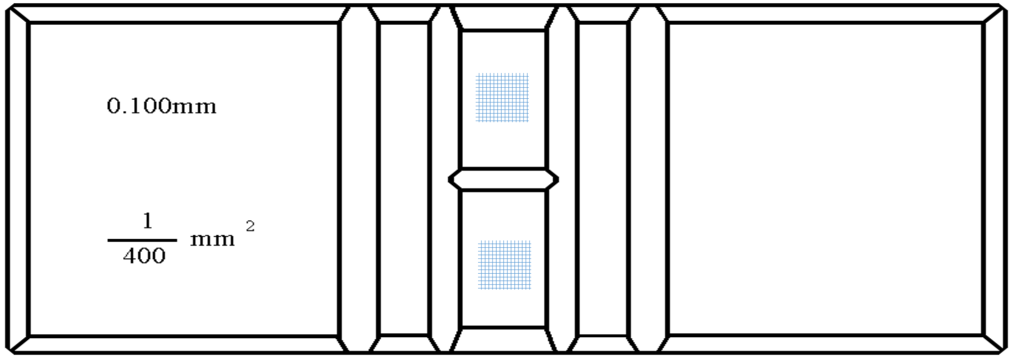
2×10^{10}

2×10^{9}

酵母细胞个数/mL =

$$\frac{\text{每小格平均细胞数目} \times 400\text{个小方格} \times \text{稀释倍数}}{1\times10^{-4}\,\text{mL}}$$

2、血细胞计数板的使用方法步骤



（1）镜检计数室。

在加样前，先对计数板的计数室进行镜检；

若有污物，则需清洗，风干后才能进行计数。

（2）加样品。

先将清洁干燥的血细胞计数板盖上专用的盖玻片；

再用吸管吸取稀释后的酵母菌悬液，滴于盖玻片边缘，让培养液自行缓缓渗入，

一次性充满计数室，多余培养液可用滤纸吸去；

2. 、细胞计数板的使用方法步骤

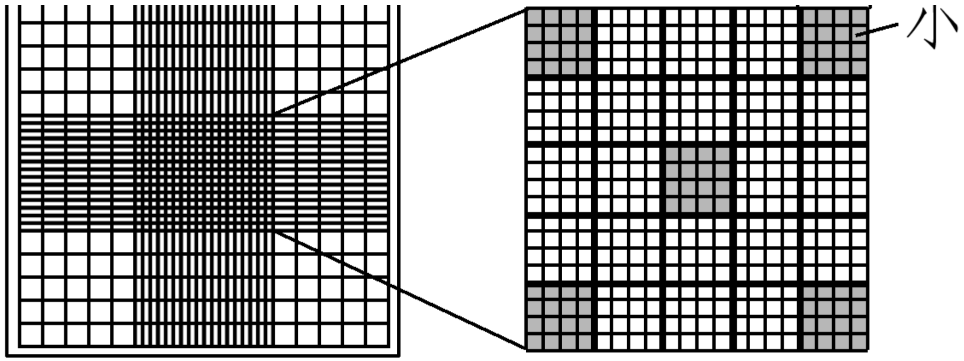
（3）计数

稍待片刻（约 5min），待酵母菌细胞全部沉降到计数室底部，

将计数板放在载物台的中央，先在低倍镜下找到计数室所在位置后，

再转换高倍镜观察、计数并记录。

计算：每毫升培养液中的酵母菌细胞数是多少。

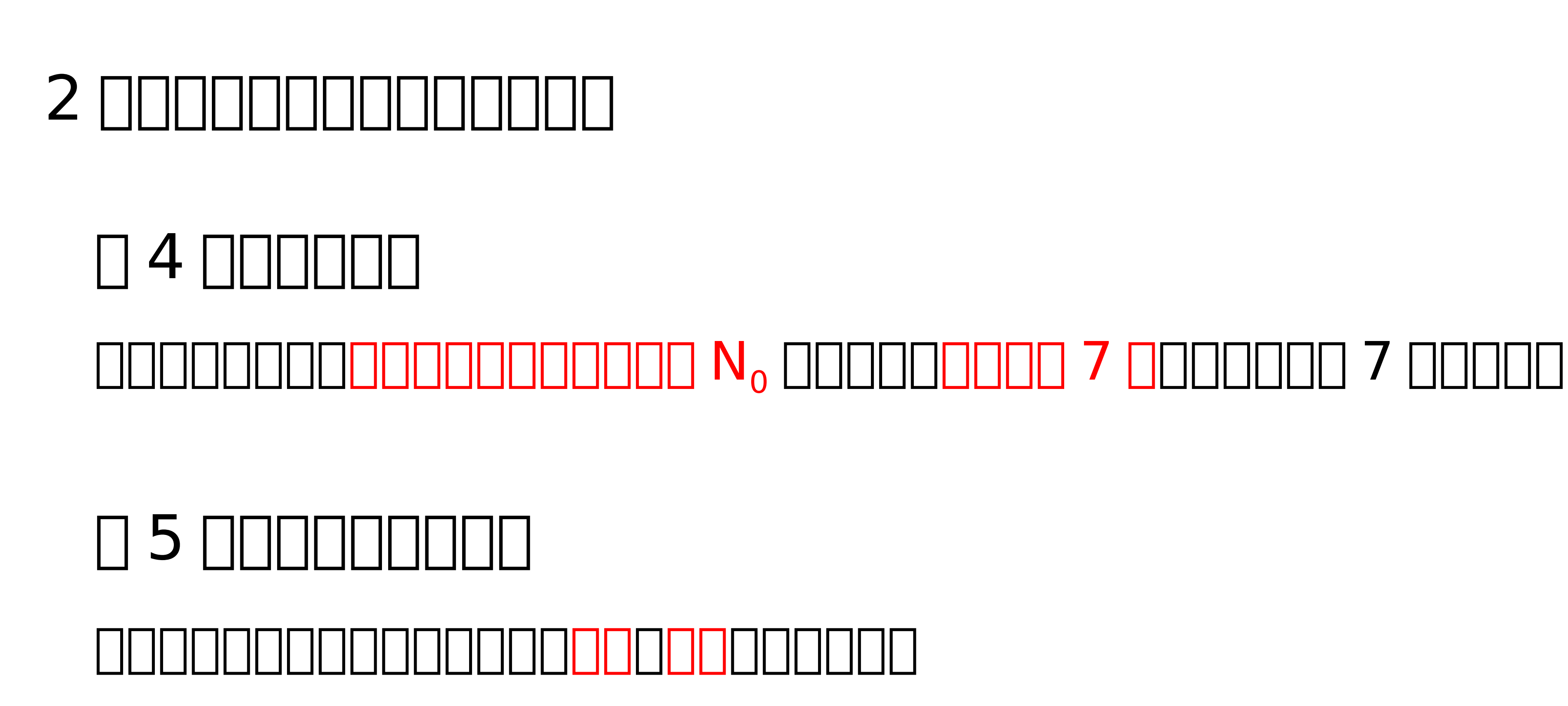


A. 放大的方格网　B. 放大的计数室 (25×16)

2、血细胞计数板的使用方法步骤

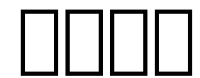
（4）培养、计数
通过显微镜观察，估算出酵母菌的初始数量 N0，在此之后连续观察 7 天，分别记录这7 天的数值。

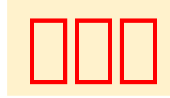
（5）血球计数板的清洗
血细胞计数板使用完毕后，可采用浸泡和冲洗的方法清洗。
用水冲洗干净或浸泡在酒精溶液中，切勿用硬物洗刷或抹擦，以免损坏网格刻度。

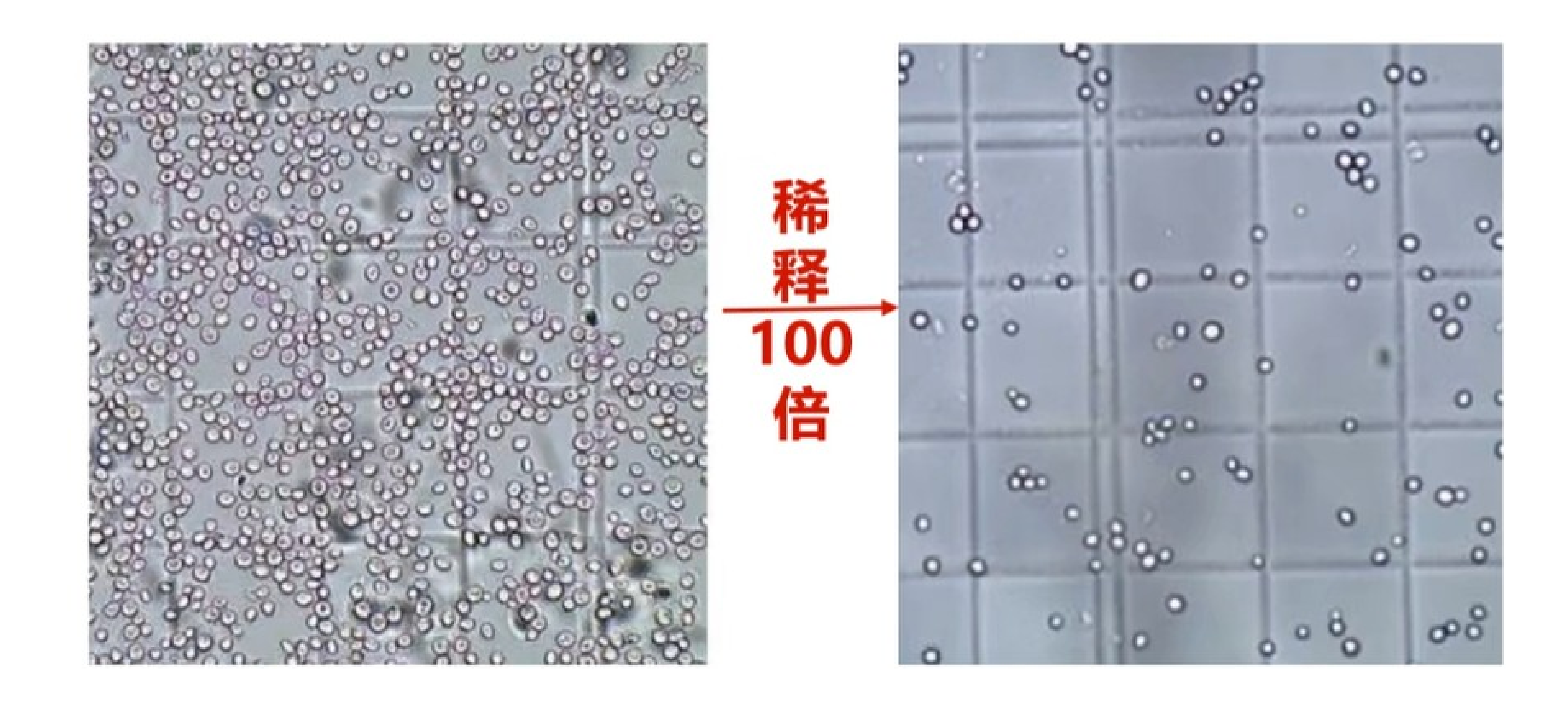


思考讨论

1、从试管中吸出培养液进行计数之前，建议你将试管轻轻振荡几次。这是为什么？使培养液中酵母菌分布均匀，减少实验误差。
2、如果一个小方格内酵母菌数量过多，难以数清，应当采取什么措施？
稀释。

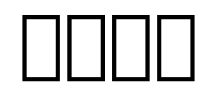


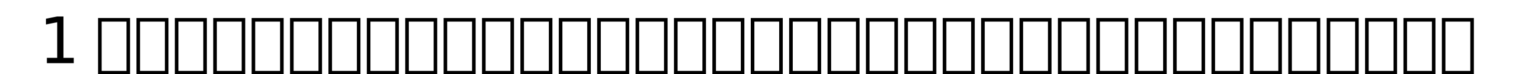


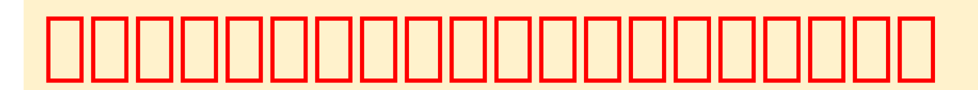


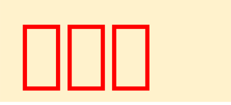
思考讨论

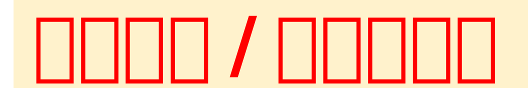
1、从试管中吸出培养液进行计数之前，建议你将试管轻轻振荡几次。这是为什么？使培养液中酵母菌分布均匀，减少实验误差。
2、如果一个小方格内酵母菌数量过多，难以数清，应当采取什么措施？
稀释。
3、怎么分辨死亡细胞和有活性的细胞？
死亡细胞多集结成团；可以借助台盼蓝染色（死亡细胞呈蓝色）
只数无色/白色的细胞







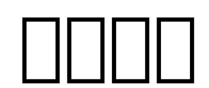


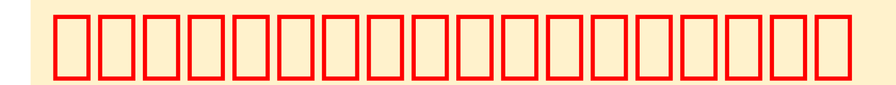


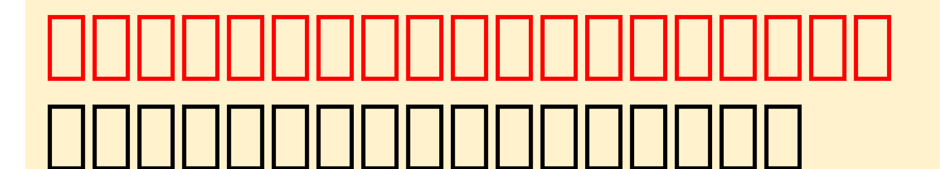
思考讨论

4、本实验需要设置对照试验吗？
不需要，在时间上已形成自身前后对照。

5、需要做重复实验吗？
需要重复实验，以提高实验数据的准确性；
对每个样品可计数三次，再取平均值。







注意事项

- 取样时间需一致，且应做到随机取样；

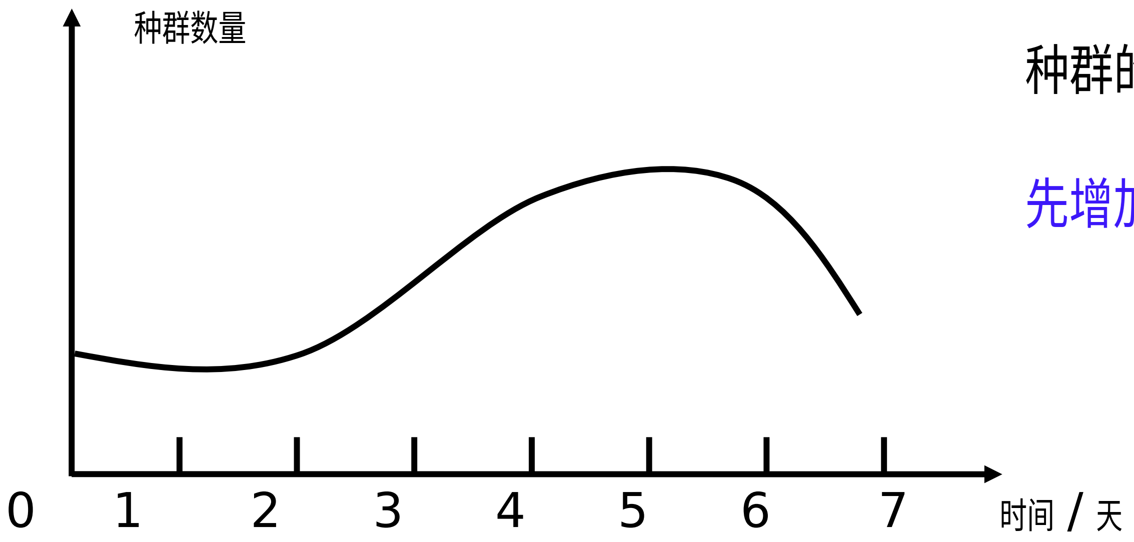
  （每天同一时间取样，或者每隔相同一段时间取样）；

- 计数时应不停调节焦距，才能观察到不同深度的菌体。

  按公式计算每 1ml （或 10mL ）菌液中所含的酵母菌个数。

- 活酵母有出芽生殖现象，若芽体达到母细胞大小的一半时，即可作为两个菌体计数，若芽体小于母细胞一半时为 1 个酵母细胞。

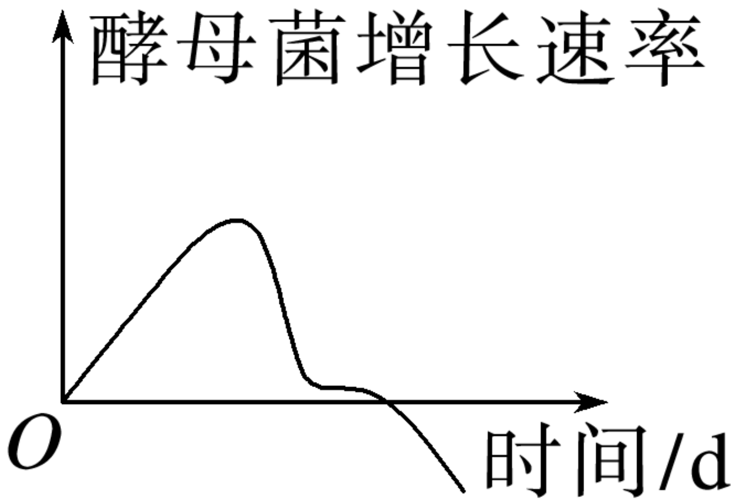
四、实验结果和结论



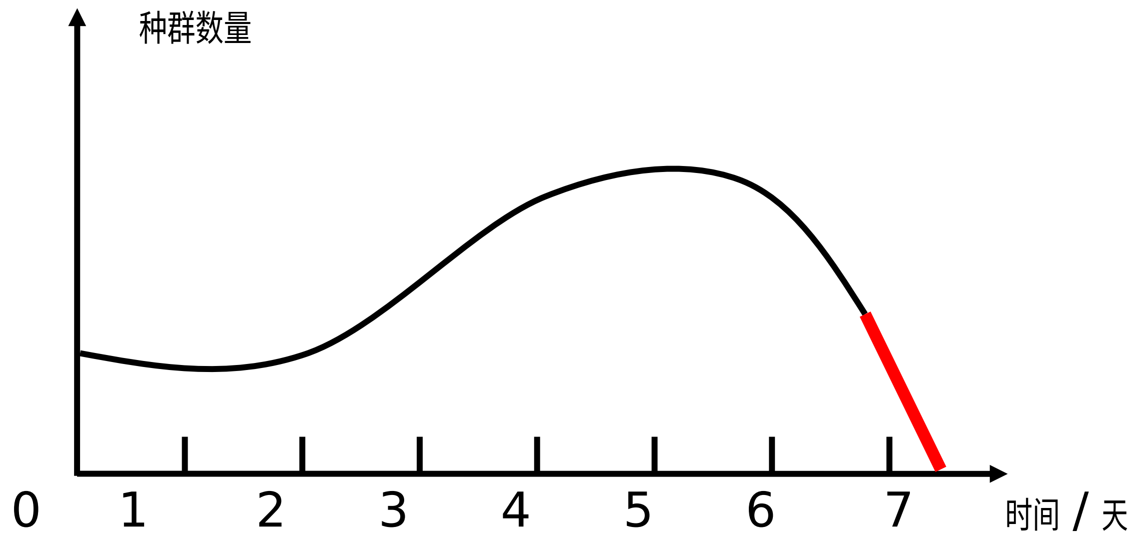
在适宜条件下，酵母菌种群呈________形增长。 S

种群的增长速率是:

先增加后减少，在 K/2 时增长速率最大。



四、实验结果和结论



开始时培养液的营养充足，空间充裕，条件适宜

种群数量变化的趋势

是＿＿先增加后降低＿＿。

① 营养物质消耗

② 有害物质积累及 **PH** 变化等